

[DOCUMENT] PATENT APPLICATION

[DOCKET NUMBER] POS53944

[FILING DATE] July 17, 1995

[SUBMITTED TO] Mr. Hisamitsu ARAI

Commissioner of the Japanese Patent Office

[INTERNATIONAL CLASSIFICATION] G02F 1/333 510

G02F 1/3335 505

[TITLE OF THE INVENTION]

REFLECTIVE COLOR LIQUID CRYSTAL DEVICE

[NUMBER OF CLAIMS] 18

[INVENTOR]

[ADDRESS/DOMICILE]

c/o Seiko-Epson Corporation

3-3-5 Yamato, Suwa-shi, Nagano-ken

[NAME]

OKUMURA, Osamu

[INVENTOR]

[ADDRESS/DOMICILE]

c/o Seiko-Epson Corporation

3-3-5 Yamato, Suwa-shi, Nagano-ken

[NAME]

OKAMOTO, Eiji

[INVENTOR]

[ADDRESS/DOMICILE]

c/o Seiko-Epson Corporation

3-3-5 Yamato, Suwa-shi, Nagano-ken

[NAME]

MAEDA, Tsuyoshi

[APPLICANT]

[ID NUMBER] 000002369

[NAME] Seiko-Epson Corporation

[REPRESENTATIVE] YASUKAWA, Hideaki

[AGENT]

Japanese Appl.

No. 7-180481

[ID NUMBER] 100093388 .

[PATENT AGENT]

[NAME] SUZUKI, Kisaburo

[CONTACT] 3348-8531 EXT. 2610-2615

[ASSIGNED AGENT]

[ID NUMBER] 100095728

[PATENT AGENT]

[NAME] [KAMI/UE/UWA]YANAGI, Masayo

[PAYMENT OF FEE]

[PAYMENT METHOD] Prepayment

[PREPAYMENT LEDGER NO.] 013044

[AMOUNT PAID] 21,000 yen

[LIST OF DOCUMENTS]

[DOCUMENT] Specification 1

[DOCUMENT] Drawings 1

[DOCUMENT] Abstract 1

[POWER OF ATTORNEY NO.] 9005917

[PROOF REQUIREMENT] Required

[Document] Specification

[Title of the Invention] Reflective Color Liquid Crystal Device

[What Is Claimed Is]

[Claim 1] A reflective color liquid crystal device comprising a pair of opposing substrates having electrodes on the inside, a liquid crystal sandwiched between said substrates, at least two colors of color filters, at least one polarizing plate, and a reflector, characterized in that any of said color filters has a transmissivity of 30% or more for the light of all the wavelengths in the range of 450nm to 660nm.

[Claim 2] A reflective color liquid crystal device [sic: as defined in Claim 1], characterized in that any of said color filters has a transmissivity of 50% or more for the light of all the wavelengths in the range of 450nm to 660nm.

[Claim 3] A reflective color liquid crystal device [sic: as defined in Claim 1], characterized in that any of said color filters has a transmissivity of 60% or more for the light of all the wavelengths in the range of 450nm to 660nm.

[Claim 4] A reflective color liquid crystal device as defined in Claim 1, characterized in that any of said color filters has a transmissivity of 70% or more for the light of all the wavelengths in the range of 450nm to 660nm.

[Claim 5] A reflective color liquid crystal device as defined in Claim 1, characterized in that any of said color filters has a transmissivity of 75% to 90% for the light of all the wavelengths in the range of 450nm to 660nm.

[Claim 6] A reflective color liquid crystal device as defined in Claim 1, characterized in that the colors of adjacent dots are arranged so as to be different.

[Claim 7] A reflective color liquid crystal device as defined in Claim 1, characterized in that said color filters have in the region outside the dots an absorption less than or equal to that in the region inside the dots.

[Claim 8] A reflective color liquid crystal device as defined in Claim 1, characterized in that said color filters are composed of two mutually complementary colors.

[Claim 9] A reflective color liquid crystal device as defined in Claim 1, characterized in that said color filters are composed of the three colors, red, green, and blue.

[Claim 10] A reflective color liquid crystal device as defined in Claim 1, characterized in that the thickness of the substrate on the side adjacent to the reflector among said two substrates is made less than two times the dot pitch in the vertical direction of the panel.

[Claim 11] A reflective color liquid crystal device as defined in Claim 1, characterized in that said reflector has weak scattering properties whereby 80% or more of the light is reflected inside a 30° cone centered on its direction of mirror reflection when a beam of light is introduced into it.

[Claim 12] A reflective color liquid crystal device as defined in Claim 1, characterized in that said reflector is a translector, and is provided with a backlight behind it.

[Claim 13] A reflective color liquid crystal device as defined in Claim 1, characterized in that said liquid crystal is a nematic liquid crystal twisted 90°, and two polarizing plates are placed such that their transmissive axes are perpendicular to the rubbing directions of the respectively adjacent substrates.

[Claim 14] A reflective color liquid crystal device as defined in Claim 13, characterized in that the product $\Delta n \times d$ of the birefringence Δn of the liquid crystal and the thickness d of the liquid crystal layer is 1.3 μm to 1.4 μm .

[Claim 15] A reflective color liquid crystal device as defined in Claim 1, characterized in that said liquid crystal is a nematic liquid crystal twisted 90° or more, and at least one retardation film is placed between the two polarizing plates.

[Claim 16] A reflective color liquid crystal device as defined in Claim 1, characterized in that said reflector is provided between a pair of substrates, and only one polarizing plate is placed.

[Claim 17] A reflective color liquid crystal device as defined in Claim 13, Claim 15 or Claim 16, characterized in that the molecules in the center of said liquid crystal layer stand up from the side of the observer when applied with voltage.

[Claim 18] A reflective color liquid crystal device as defined in Claim 1, characterized in that one dot composes one pixel.

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]

The present invention relates to a reflective liquid crystal device.

[0002]

[Prior Art]

The displays mounted on small-scale portable information terminals such as a PDA (Personal Digital Assistant) at present are almost all monochrome reflective STN (Super Twisted Nematic) liquid crystal. The need for a color display also is high, but in a conventional transmissive liquid crystal device, which requires a backlight, the power consumption is great, and it is not oriented toward portability. Accordingly, a liquid crystal device capable of color display using a reflective liquid crystal is strongly expected.

[0003]

The development of a reflective color liquid crystal device was begun in earnest from the mid-1980s. Before then, it was thought that with any type of liquid crystal mode, such as in Japanese Laid-Open Patent No. 50-80799, whether transmissive or reflective, color display was only possible by providing a primary color filter to it. Nevertheless, a transmissive color liquid crystal device does not function as a reflective color liquid crystal device by only providing a reflector. The number-one question is how to assure a practical brightness.

[0004]

The widely-used TN (Twisted Nematic) and STN modes make at least half of the light useless because a polarizing plate is necessary. In an article by Mr. Tatsuo Uchida, et al. (IEEE Transactions on Electron Devices, Vol. ED-33, No. 8, pp. 1207-1211 (1986)), a comparison of various types of liquid crystal devices was performed as shown in its Fig. 2, and as a result, the PCGH (Phase Change Guest Host) mode, which does not require a polarizing plate, was selected. Also, in Japanese Laid-Open Patent No. 5-241143 as well, the PDLC (Polymer Distribution Liquid Crystal) mode, which does not require a polarizing plate, was selected in order to implement a reflective color liquid crystal device. Thus, the conventional belief was that a liquid crystal display mode using a polarizing plate was not suitable for a reflective color liquid crystal device.

[0005]

When thinking of improving brightness, the important viewpoint in addition to the liquid crystal display mode is the color design of the color filters. Conventionally, the color filters used in a transmissive color liquid crystal device had spectral properties as shown in Fig. 20. In Fig. 20, the horizontal axis is the wavelength of the light, the vertical axis is the transmissivity, 21 is the spectrum of a red filter, 22 is the spectrum of a green filter, and 23 is the spectrum of a blue filter. While there may be individual differences, the light capable of being sensed by a human is within the wavelength range of 380nm to 780nm, and the visual sensitivity is high within the wavelength range of 450nm to 660nm in particular. The color filters of Fig. 20 all have a transmissivity at 10% or less within this range, and most of the light is made useless. Also, if the average transmissivity is defined as the simple average of the transmissivity within this wavelength range, the average transmissivity of the red filter was 28%, that of the green filter was 33%, and that of the blue filter was 30%. Brighter filters are necessary for use in a reflective color liquid crystal device.

[0006]

Regarding the color filters proposed in Fig. 8 of the aforementioned article by Mr. Tatsuo Uchida, et al., two colors being in a mutually complementary relationship were used, and efforts were made so that they would become brighter than three colors. Their spectral properties are shown in Fig. 21. In Fig. 21, the horizontal axis is the wavelength of the light, the vertical axis is the reflectivity, 22 is the spectrum of a green filter, and 26 is the spectrum of a magenta filter. Comparison is difficult since the vertical axis is represented by reflectivity, but if the transmissivity is presumed simply to be square root of the reflectivity at each wavelength, then the transmissivity of either of the color filters had wavelengths whereby the transmissivity becomes 10% or less within the wavelength range of 450nm to 660nm. Also, the average transmissivity of the green filter was 41%, and that of the magenta filter was 48%.

[0007]

Also, an article by Mr. Seiichi Mitsui, et al. (SID 92 DIGEST, pp. 437-440 (1992)) related to a reflective color liquid crystal device having used the same PCGH mode, but they used two bright color filters as shown in Fig. 2. Their spectral properties are shown in Fig. 22. In Fig. 22, the horizontal axis is the wavelength of the light, the vertical axis is the reflectivity, 22 is the spectrum of a green filter, and 26 is the

spectrum of a magenta filter. The vertical axis is represented by reflectivity, but if the transmissivity is presumed similarly to be square root of the reflectivity at each wavelength, then the transmissivity of at least the green filter was less than 50% at wavelengths of 470nm or less. Also, the average transmissivity of the green filter was 68%, and that of the magenta filter was 67%.

[0008]

Also, regarding the color filters proposed in Figs. 2(a), (b), and (c) of Japanese Laid-Open Patent No. 5-241143, the three colors, yellow, cyan, and magenta, were used rather than the three colors, red, green, and blue. Their spectral properties are shown in Fig. 23. In Fig. 23, the horizontal axis is the wavelength of the light, the vertical axis is the reflectivity, 24 is the spectrum of a yellow filter, 25 is the spectrum of the cyan filter, and 26 is the spectrum of a magenta filter. Comparison is difficult since the vertical axis is represented by reflectivity, and because there are no graduations on the axis, but the maximum value of the reflectivity is considered to be the highest position at 100%, and the transmissivity is presumed simply to be square root of the reflectivity at each wavelength. Thus, the transmissivity of any of the color filters still had wavelengths whereby the transmissivity becomes 10% or less within the wavelength range of 450nm to 660nm. Also, the average transmissivity of the yellow filter was about 70%, that of the cyan filter was about 60%, and that of the magenta filter was about 50%.

[0009]

Thus, a conventional reflective color liquid crystal device was implemented by combining a bright liquid crystal mode not using a polarization plate and bright color filters. However, despite being called bright color filters, the color filters used had a wavelength whereby the transmissivity stopped at 50% within the wavelength range of 450nm to 660nm, and their average transmissivity was lower than 70%.

[0010]

[Problems the Invention Tries to Solve]

Nevertheless, because such a conventional reflective color liquid crystal device did not use a polarization plate, there was a problem that a high contrast could not be obtained, and as a result, color reproduction was poor. For example, in the article by Mr. Tatsuo Uchida, et al., it is understood from page 128, right column, line 19 that the designed value of the contrast

ratio is 1:5. Also, in the aforementioned article by Mr. Seiichi Mitsui, et al., it is understood from page 439, line 22 that the contrast ratio was only 1:3. Since the contrast ratio of a conventional transmissive color liquid crystal device is 1:100 or more, a contrast ratio of 1:3 or 1:5 or less cannot compare. Also, whether the liquid crystal mode not using a polarizing plate is the PCGH mode or the PDLC mode, there are numerous problems in manufacturing and in the securing of reliability, and there is the big problem that it cannot be said to have been put to practical use yet.

[0011]

Therefore, the present invention has implemented a bright display by combining even brighter and weaker tinted color filters than the conventional, in addition to having assured a high contrast by selecting a liquid crystal mode which uses a polarizing plate. These color filters are of extremely weak tint, and they differ from those of the liquid crystal display panel proposed in Japanese Laid-Open Patent No. 50-80799 in the point that there is no purity any more than they can be called primary colors. Moreover, because a high contrast is achieved, a color display equal to a reflective color liquid crystal device using the conventional PCGH or PDLC mode becomes possible, and a sufficient brightness also can be assured.

[0012]

There are many liquid crystal display modes using a polarizing plate, but for the purpose of the present invention, a liquid crystal mode capable of bright black-and-white display is suitable, such as the TN mode proposed in Japanese Laid-Open Patent No. 51-013666, the retardation plate compensated STN mode proposed in Japanese Laid-Open Patent No. 3-50249, the single polarizing plate nematic liquid crystal mode proposed in Japanese Laid-Open Patent No. 3-223715, and the nematic liquid crystal mode that performs bistable switching proposed in Japanese Laid-Open Patent No. 6-235920.

[0013]

The aim of the present invention is to provide a reflective color liquid crystal device that is bright and has a high contrast ratio by combining a liquid crystal display mode using a polarization plate and bright, weak-tinted color filters.

[0014]

[Means to Achieve the Object]

The invention as defined in Claim 1 is a reflective color liquid crystal device, comprising a pair of opposing substrates having electrodes on the inside, a liquid crystal sandwiched between said substrates, at least two colors of color filters, at least one polarizing plate, and a reflector, characterized in that any of said color filters has a transmissivity of 30% or more for the light of all the wavelengths in the range of 450nm to 660nm.

[0015]

The invention as defined in Claim 2 is characterized in that any of said color filters has a transmissivity of 50% or more for the light of all the wavelengths in the range of 450nm to 660nm.

[0016]

The invention as defined in Claim 3 is characterized in that any of said color filters has a transmissivity of 60% or more for the light of all the wavelengths in the range of 450nm to 660nm.

[0017]

The invention as defined in Claim 4 is characterized in that any of said color filters has a transmissivity of 70% or more for the light of all the wavelengths in the range of 450nm to 660nm.

[0018]

The invention as defined in Claim 5 is characterized in that any of said color filters has a transmissivity of 75% to 90% for the light of all the wavelengths in the range of 450nm to 660nm.

[0019]

The invention as defined in Claim 6 is characterized in that the colors of adjacent dots are arranged so as to be different.

[0020]

The invention as defined in Claim 7 is characterized in that said color filters have in the region outside the dots an absorption less than or equal to that in the region inside the dots.

[0021]

The invention as defined in Claim 8 is characterized in that said color filters are composed of two mutually complementary colors.

[0022]

The invention as defined in Claim 9 is characterized in that said color filters are composed of the three colors, red, green, and blue.

[0023]

The invention as defined in Claim 10 is characterized in that the thickness of the substrate on the side adjacent to the reflector among said two substrates is made less than two times the dot pitch in the vertical direction of the panel.

[0024]

The invention as defined in Claim 11 is characterized in that said reflector has weak scattering properties whereby 80% or more of the light is reflected inside a 30° cone centered on its direction of mirror reflection when a beam of light is introduced into it.

[0025]

The invention as defined in Claim 12 is characterized in that said reflector is a transflector, and is provided with a backlight behind it.

[0026]

The invention as defined in Claim 13 is characterized in that said liquid crystal is a nematic liquid crystal twisted 90°, and two polarizing plates are placed such that their transmissive axes are perpendicular to the rubbing directions of the respectively adjacent substrates.

[0027]

The invention as defined in Claim 14 is characterized in that the product $\Delta n \times d$ of the birefringence Δn of the liquid crystal and the thickness d of the liquid crystal layer is 1.3 μm to 1.4 μm .

[0028]

The invention as defined in Claim 15 is characterized in that said liquid crystal is a nematic liquid crystal twisted 90° or more, and at least one retardation film is placed between the two polarizing plates.

[0029]

The invention as defined in Claim 16 is characterized in that said reflector is provided between a pair of substrates, and only one polarizing plate is placed.

[0030]

The invention as defined in Claim 17 is characterized in that the molecules in the center of said liquid crystal layer stand up from the side of the observer when applied with voltage.

[0031]

The invention as defined in Claim 18 is characterized in that one dot composes one pixel.

[0032]

[Description of the Preferred Embodiments]

The present invention is explained below based on the drawings.

[0033]

(Embodiment 1)

Fig. 1 is a drawing showing the essential components of a reflective color liquid crystal device pertaining to the invention as defined in Claim 1 of the present invention. First the configuration is explained. 1 is an upper polarizing plate, 2 is an opposing substrate, 3 is liquid crystal, 4 is an element substrate, 5 is a lower polarizing plate, and 6 is a scattering reflector. On opposing substrate 2 are provided color filters 7 and opposing electrode (scan line) 8, and on element substrate 4 are provided signal line 9, pixel electrode 10, and MIM element 11. Here, 1 and 2, 4 and 5, and 5 and 6 are depicted as separated, but this is in order to clarify the drawing, and in actuality they are adhered with glue. Also, the interval between opposing substrate 2 and element substrate 4 is depicted as widely separated, but this is for the same reason, and in actuality there is only a gap of as little as several μm to $10\mu\text{m}$ or so. Also, because Fig. 1 shows the essential components of a reflective color liquid crystal device, only $3 \times 3 = 9$ pixels are shown, but in this embodiment, there may be more pixels than that, and there may be $480 \times 620 = 3072$ pixels or more.

[0034]

Opposing substrate 8 and pixel electrode are composed of transparent ITO, and signal line 9 is composed of metallic Ta. MIM element [11] is of a structure having sandwiched Ta_2O_5 with metallic Ta and metallic Cr. Liquid crystal 3 is a nematic liquid crystal twisted 90° , and the upper and lower polarizing plates are intersected perpendicularly by the axis of light polarization. This is the general TN mode configuration. Also, color filters 7 consist of the two colors, red ("R" in the drawing) and cyan ("C" in the drawing), being in a mutually complementary relationship, and they are arranged in a stripe pattern.

[0035]

Fig. 2 is a drawing showing the spectral properties of color filters 7. In Fig. 2, the horizontal axis is the light wavelength, the vertical axis is the transmissivity, 21 is the spectrum of a red filter, and 25 is the spectrum of a cyan filter. Spectroscopy was performed using a microspectrometer on the opposing substrate group, and the transmissivity of the glass substrate and transparent electrode was corrected to 100%. Below, the spectral properties of all the color filters were measured by this method. Also, the transmissivity in Claims 1 to 5 is defined as the value specified by this method. The red filter and the cyan filter regularly show a transmissivity of 30% or more within the wavelength range of 450nm to 660nm. Also, the average transmissivity with the same wavelength range was 52% for the red filter and 66% for the cyan filter. Since these are extremely weak toned color filters, originally it would have been more correct to label "red" as "pink," but in order to avoid confusion, they are unified below by the strong color label.

[0036]

A reflective color liquid crystal device created in the above manner has a reflectivity of 24% and a contrast ratio of 1:15 during white display. It is capable of four-color display, being white, red, cyan, and black. The red display color was $x = 0.39$, $y = 0.32$, and the cyan display color was $x = 0.28$, $y = 0.31$. This is about 60% of the brightness of a conventional reflective monochrome liquid crystal device and the same contrast ratio. These are sufficiently usable properties under normal room illumination or outdoors during the daytime.

[0037]

A reflective color liquid crystal device using color filters beyond the scope of Claim 1, that is, color filters showing a transmissivity not meeting 30% within the wavelength range of

450nm to 660nm, even for a portion of the color filters, could not stand up to ordinary use either for the reason that the display was dark and required special illumination, or because the white balance was screwy and white could not be displayed.

[0038]

In Embodiment 1, a structure that provides an opposing electrode on a color filter was selected, but, conversely, there is no particular obstacle to providing a color filter on an opposing electrode. Also, an MIM element was used as the active element, but this was because it is rather useful in increasing aperture, and there is no change in the effect of the present invention even when using a TFT element.

[0039]

(Embodiment 2)

Fig. 3 is a drawing showing the spectral properties of the color filters of a reflective color liquid crystal device pertaining to the invention as defined in Claim 2 and Claim 4 of the present invention. The configuration of Embodiment 2 is identical to that of Embodiment 1 shown in Fig. 1, and color filters composed of the two colors, red and cyan, still are provided. In Fig. 3, the horizontal axis is the light wavelength, the vertical axis is the transmissivity, 21 is the spectrum of the red filter, and 25 is the spectrum of the cyan filter. Both color filters had a transmissivity of 50% or more within the wavelength range of 450nm to 660nm. Also, the average transmissivity within the same wavelength range was 71% for the red filter and 78% for the cyan filter.

[0040]

This reflective color liquid crystal device had a reflectivity of 30% and a contrast ratio of 1:15 during white display. It is capable of four-color display, being white, red, cyan, and black. The red display color was $x = 0.34$, $y = 0.32$, and the cyan display color was $x = 0.29$, $y = 0.31$. This is about 70% of the brightness of a conventional reflective monochrome liquid crystal device and the same contrast ratio.

[0041]

Thus, when both colors of color filters have a transmissivity of 50% or more for the light of all wavelengths in the range of 450nm to 660nm, or when they have an average transmissivity of 70% or more within the same wavelength range, a bright reflective color liquid crystal device can be obtained,

which is capable of being used in a substantially identical environment as a conventional reflective monochrome liquid crystal device.

[0042]

(Embodiment 3)

Fig. 4 is a drawing showing the spectral properties of the color filters of a reflective color liquid crystal device pertaining to the invention as defined in Claim 3 and Claim 5 of the present invention. The configuration of Embodiment 3 is identical to that of Embodiment 1 shown in Fig. 1, and color filters composed of the two colors, red and cyan, still are provided. In Fig. 4, the horizontal axis is the light wavelength, the vertical axis is the transmissivity, 21 is the spectrum of the red filter, and 25 is the spectrum of the cyan filter. Both color filters had a transmissivity of 60% or more within the wavelength range of 450nm to 660nm. Also, the average transmissivity within the same wavelength range was 75% for the red filter and 80% for the cyan filter.

[0043]

This reflective color liquid crystal device had a reflectivity of 31% and a contrast ratio of 1:15 during white display. It is capable of four-color display, being white, red, cyan, and black. The red display color was $x = 0.33$, $y = 0.33$, and the cyan display color was $x = 0.30$, $y = 0.31$. This is about 80% of the brightness of a conventional reflective monochrome liquid crystal device and the same contrast ratio.

[0044]

Thus, when both colors of color filters have a transmissivity of 60% or more for the light of all wavelengths in the range of 450nm to 660nm, or when they have an average transmissivity of 75% or more within the same wavelength range, a bright reflective color liquid crystal device can be obtained, which is capable of being used without obstruction even when an input means such as a touch key is attached to the front of the liquid crystal device. However, when color filters are used whereby the average transmissivity within the same wavelength range exceeds 90%, the display colors become extremely weak, and discrimination of the colors becomes difficult. Such color filters are outside the scope of Claim 5 of the present invention.

[0045]

(Embodiment 4)

Fig. 5 is a drawing showing the essential components of a reflective color liquid crystal device pertaining to the invention as defined in Claim 6 of the present invention. First the configuration is explained. 1 is an upper polarizing plate, 2 is an opposing substrate, 3 is liquid crystal, 4 is an element substrate, 5 is a lower polarizing plate, and 6 is a scattering reflector. On opposing substrate 2 are provided color filters 7 and opposing electrode (scan line) 8, and on element substrate 4 are provided signal line 9, pixel electrode 10, and MIM element 11.

[0046]

Here, color filters 7 consist of the two colors, red ("R" in the drawing) and cyan ("C" in the drawing), being in a mutually complementary relationship, and they are arranged in a mosaic or checkered pattern. If the color filters are arranged in a stripe pattern as in Fig. 1, they will have extremely wide visual angle properties in the vertical direction, but when moving the visual angle left and right, visual angles having coloration and visual angles losing coloration will appear alternately. This is due to the thickness of the lower substrate, and it is a phenomenon that occurs due to the presence of a distance between the liquid crystal layer and color filter layer, and the reflector. When the color filters are arranged in a checkered pattern, it has been verified by experiment that such a phenomenon is alleviated significantly. Also, it was learned that the color mix is good even when the number of pixels is comparatively few.

[0047]

The color filters had the identical spectral properties as Fig. 3 of Embodiment 2, and the brightness and contrast ratio also were same extent as Embodiment 2.

[0045]

(Embodiment 5)

Fig. 6 is a drawing showing the essential components of a reflective color liquid crystal device pertaining to the invention as defined in Claim 7 of the present invention. The fundamental configuration and spectral properties of the color filters are identical to those of Embodiment 4, but effort was expended to place color filters in a region outside the dots. In Fig. 6, the "bump"-shaped regions indicated by 61 are the regions where the opposing electrodes and pixel electrodes are overlaid, and where voltage is applied to the liquid crystal, and they

correspond to the dots of Claim 7. The regions 62 having the vertical hatching from top right to bottom left are the cyan filters, and the regions 63 having the cross hatching are the red filters.

[0049]

In Fig. 6(a), the red filters and cyan filters are arranged so as to be in close contact outside the dots. Also, in (b), filters also are provided outside the dots, but they are arranged at a distance from each other. Also, in (c), red filters are provided outside the dots. In all of these, because the regions outside the dots have the same extent absorption as that inside the dots or less than that, a display can be obtained which is bright and has a high contrast ratio. The properties of each configuration were (a) a reflectivity of 30% and contrast ratio of 1:15 during white display, (b) reflectivity 33% and contrast ratio 1:13, and (c) 29% and 1:16.

[0050]

A transmissive color liquid crystal device generally is provided with a black mask outside the dots, but if a black mask is provided in a reflective color liquid crystal device, a contrast higher than required is achieved, and on the other hand, the display becomes dark. Conversely, if no color filters whatsoever are provided outside the dots, there is a problem that the contrast ratio decreases markedly, and this is undesirable.

[0051]

(Embodiment 6)

Fig. 7 is a drawing showing the spectral properties of the color filters of a reflective color liquid crystal device pertaining to the invention as defined in Claim 8 of the present invention. The configuration of Embodiment 2 [sic: 6] is identical to that of Embodiment 4 shown in Fig. 5, but color filters consisting of the two colors, green and magenta, are provided in place of the red and cyan. In Fig. 6 [sic: 7], the horizontal axis is the light wavelength, the vertical axis is the transmissivity, 22 is the spectrum of the green filter, and 26 is the spectrum of the magenta filter. Both color filters had a transmissivity of 50% or more within the wavelength range of 450nm to 660nm. Also, the average transmissivity within the same wavelength range was 76% for the green filter and 78% [?] for the cyan [sic: magenta] filter.

[0052]

This reflective color liquid crystal device had a reflectivity of 31% and a contrast ratio of 1:17 during white display. It is capable of four-color display, being white, green, magenta, and black. The green display color was $x = 0.31$, $y = 0.35$, and the magenta display color was $x = 0.32$, $y = 0.29$. This is about 80% of the brightness of a conventional reflective monochrome liquid crystal device and the same contrast ratio.

[0053]

As the two colors being in a mutually complementary relationship, other than red and cyan, and green and magenta, the combination of blue and yellow can be imagined, but from the standpoint of attractiveness, it is more desirable that colors of the red system can be displayed such as in the former two.

[0054]

(Embodiment 7)

Fig. 8 is a drawing showing the essential components of a reflective color liquid crystal device pertaining to the invention as defined in Claim 9 of the present invention. First the configuration is explained. 1 is an upper polarizing plate, 2 is an opposing substrate, 3 is liquid crystal, 4 is an element substrate, 5 is a lower polarizing plate, and 6 is a scattering reflector. On opposing substrate 2 are provided color filters 7 and opposing electrode (scan line) 8, and on element substrate 4 are provided signal line 9, pixel electrode 10, and MIM element 11.

[0055]

Here, color filters 7 consist of the three colors, red ("R" in the drawing), green ("G" in the drawing), and blue ("B" in the drawing), and they are arranged in a mosaic pattern as in the drawing.

[0056]

Fig. 9 is a drawing showing the spectral properties of color filters 7. In Fig. 9, the horizontal axis is the light wavelength, the vertical axis is the transmissivity, 21 is the spectrum of the red filter, 22 is the spectrum of the green filter, and 23 is the spectrum of the blue filter. All the colors had a transmissivity of 50% or more within the wavelength range of 450nm to 660nm. Also, the average transmissivity within the same wavelength range was 74% for the red filter, 75% for the green filter, and 63% for the blue filter.

[0057]

A reflective color liquid crystal device created in the above manner had a reflectivity of 28% and a contrast ratio of 1:14 during white display. It is capable of full-color display. The red display color was $x = 0.39$, $y = 0.32$, the green display color was $x = 0.31$, $y = 0.35$, and the blue display color was $x = 0.29$, $y = 0.27$. This is about 70% of the brightness of a conventional reflective monochrome liquid crystal device and the same contrast ratio, and these are properties whereby video images can be enjoyed.

[0058]

(Embodiment 8)

Fig. 10 is a drawing showing the essential components of a reflective color liquid crystal device pertaining to the invention as defined in Claim 10 of the present invention. First the configuration is explained. 1 is an upper polarizing plate, 2 is an opposing substrate, 3 is liquid crystal, 4 is an element substrate, 5 is a lower polarizing plate, and 6 is a scattering reflector. On opposing substrate 2 are provided color filters 7 and opposing electrode (scan line) 8, and on element substrate 4 are provided signal line 9, pixel electrode 10, and MIM element 11.

[0059]

The difference with Fig. 1 is that the scattering reflector is provided on the side of the opposing substrate and is placed so as to be seen from the side of the element substrate, and that 0.4mm thick glass is used for the opposing substrate. The reflective color liquid crystal device of Embodiment 8 has red filters and cyan filters in a mosaic arrangement as shown in Fig. 5, and the dot pitch in the vertical direction of the panel is 0.24mm. Accordingly, the thickness 0.4mm of the opposing substrate is less than two times the dot pitch.

[0060]

The thickness of the glass used in a substrate is generally 1.1mm or 0.7mm, but by making this less than two times the dot pitch, the following three effects of pixel quality improvement were realized. First, there is an effect of reflections tending not to be seen and the contrast also being improved. This is an effect common with reflective monochrome liquid crystal displays as disclosed in Japanese Laid-Open Patent No. 57-132116. Second is an effect particular to reflective color liquid crystal devices, being the improvement of color purity. This is because

there are few cases in which the light passing through, say, the red filter is reflected by the reflector, and passes through the cyan filter, contaminating the color. The third is an effect of the visual angle dependency being alleviated as described in Embodiment 4.

[0061]

The above effect is greater as the thickness of the substrate is thinner, but when considering ease in manufacturing, it is desirable that the thickness of the element substrate be held to 1.1mm or 0.7mm as conventionally, and that only the opposing substrate be made thinner.

[0062]

(Embodiment 9)

In a reflective color liquid crystal device, the characteristics of the scattering reflector greatly control the visual angle properties such as brightness and contrast. There are various types of scattering reflectors, from those having weak scattering such as mirror surfaces to those having strong scattering such as paper, and they are selected according to the peripheral environment. However, for a reflective color liquid crystal device, brightness and contrast are values, and those having weak scattering are desirable.

[0063]

Fig. 11 and Fig. 12 are drawings showing the properties of a reflector of a reflective color liquid crystal device pertaining to the invention as defined in Claim 11 of the present invention. In Fig. 11, 6 is a scattering reflector, 51 is light introduced at a 45° angle onto the surface of the scattering reflector, 52 is the reflected light, and 53 is a 30° cone centered on the direction of mirror reflection. Also, the horizontal axis of Fig. 12 is the light-receiving angle of the reflected light, and the vertical axis is the relative reflective strength. The scattering reflector of Embodiment 9 has properties whereby about 95% of the incident light is reflected into the 30° cone of Fig. 11. If this does not reach 80%, a 1:10 or higher contrast ratio cannot be obtained based on a normal indoor environment.

[0064]

(Embodiment 10)

Fig. 13 is a drawing showing the essential components of a reflective color liquid crystal device pertaining to the

invention as defined in Claim 12 of the present invention. First the configuration is explained. 1 is an upper polarizing plate, 2 is an opposing substrate, 3 is liquid crystal, 4 is an element substrate, 5 is a lower polarizing plate, 12 is a transflector, and 13 is a backlight. On opposing substrate 2 are provided color filters 7 and opposing electrode (scan line) 8, and on element substrate 4 are provided signal line 9, pixel electrode 10, and MIM element 11. Also, the color filters have the identical spectral properties as Fig. 3 in Embodiment 2.

[0065]

Since the reflectivity of the transflector is about 70% of that of an ordinary reflector, when used in the reflective mode without lighting the backlight, the reflectivity during white color display becomes about 24%. On the other hand, in the transmissive mode with the backlight lit, the transmissivity becomes about 22%, and a sufficient brightness, being a surface brilliance of 400cd/m^2 , can be obtained even with a monochrome backlight. Also, the properties of the color filters as shown in Fig. 3 are insufficient for displaying colors at the original transmissivity, but when a transflector is used, there is an effect whereby the color purity is increased, even in the transmissive mode, by the reflection of peripheral light.

[0066]

(Embodiment 11)

Fig. 11 relates to a reflective color liquid crystal device pertaining to Claim 13, Claim 14, and Claim 17 of the present invention, but its fundamental configuration and the spectral properties of the color filters are identical to Fig. 5 and Fig. 3 of Embodiment 4. Its characteristic is in the fact that the TN-mode cells are optimized for the reflective color liquid crystal device.

[0067]

Fig. 14 is a drawing showing the relationships among all the axes in the reflective color liquid crystal device in Embodiment 11. 30 is the left-right direction (lengthwise direction) of the liquid crystal panel, 31 is the direction of the transmissive axis of the upper polarizing plate, 32 is the rubbing direction of the opposing substrate, 33 is the rubbing direction of the element substrate, and 34 is the direction of the transmissive axis of the lower polarizing plate. Here, the angle 40 formed by the rubbing direction of the opposing substrate and the left-right direction of the liquid crystal panel is set to 45° , the angle 41 formed by the direction of the transmissive axis of the

upper polarizing plate and the rubbing direction of the opposing substrate is set to 90° , the twist angle 42 of the liquid crystal is set to right 90° , and the angle 43 formed by the direction of the transmissive axis of the lower polarizing plate and the rubbing direction of the element substrate is set to 90° . By being arranged in this manner, the molecules in the center of the liquid crystal layer stand up from the side of the observer (that is, the bottom of the drawing) when applied with voltage, and combined with the visual angle properties of the TN liquid crystal, a high-contrast display whereby reflections tend not to be seen becomes possible. Also, the placement whereby the transmissive axes of the polarizing plates are perpendicular to the rubbing directions of the adjacent substrates has less color variation according to the direction of the visual angle and is more desirable compared with a parallel placement.

[0068]

Also, the $\Delta n \cdot d$ of the liquid crystal cell was set to $1.34\mu\text{m}$ by making the birefringence Δn of the liquid crystal material 0.189 and the cell gap $7.1\mu\text{m}$. This is the condition having the brightest coloring during non-selective voltage application. There are problems that the display becomes bluish when $\Delta n \cdot d < 1.30\mu\text{m}$, and the display becomes dark when $\Delta n \cdot d > 1.40\mu\text{m}$, these being not preferred.

[0069]

(Embodiment 12)

Fig. 15 is a drawing showing the essential components of a reflective color liquid crystal device pertaining to the invention as defined in Claim 15 and Claim 17 of the present invention. First the configuration is explained. 1 is an upper polarizing plate, 14 is a retardation film, 17 is an upper substrate, 3 is liquid crystal, 18 is a lower substrate, 5 is a lower polarizing plate, and 6 is a scattering reflector. On upper substrate 17 are provided color filters 7 and scan electrode 8, and on lower substrate 18 is provided signal electrode 15. Retardation film 14 is a uniaxially drawn polycarbonate film, and a positive phase variation is indicated. Also, the color filters have the identical spectral properties as Fig. 3 of Embodiment 4.

[0070]

Fig. 16 is a drawing showing the relationships among all the axes in the reflective color liquid crystal device in Embodiment 12. 30 is the left-right direction (lengthwise direction) of the

liquid crystal panel, 31 is the direction of the transmissive axis of the upper polarizing plate, 32 is the rubbing direction of the upper polarizing plate, 33 is the rubbing direction of the lower polarizing plate, 34 is the direction of the transmissive axis of the lower polarizing plate, and 35 is the direction of drawing of the retardation film. Here, the angle 40 formed by the rubbing direction of the upper substrate and the left-right direction of the liquid crystal panel is set to 30° , the angle 44 formed by the direction of the transmissive axis of the upper polarizing plate and the direction of drawing of the retardation film is set to 54° , the angle 45 formed by the direction of drawing of the retardation film and the rubbing direction of the upper polarizing plate is set to 80° , the twist angle 42 of the liquid crystal is set to left 240° , and the angle 43 formed by the direction of the transmissive axis of the lower polarizing plate and the rubbing direction of the lower substrate is set to 43° . By being arranged in this manner, the molecules in the center of the liquid crystal layer stand up from the side of the observer (that is, the bottom of the drawing) when applied with voltage, and combined with the visual angle properties of the TN liquid crystal, a high-contrast display whereby reflections tend not to be seen becomes possible.

[0071]

This is the phase variation plate compensation STN mode proposed in Japanese Laid-Open Patent No. 3-50249, and it is characterized in that multiplexed driving is possible up to $1/480$ of the duty ratio of the simple matrix. Also, despite having used the same color filters as Embodiment 2, the aperture is high only so long as signal lines and MIM elements are not required, and an extremely bright display is possible having a reflectivity of 33% during white color display. The contrast ratio was 1:8, being comparatively low, but by adding one layer of phase variation film to perform compensation, and by performing multiple-line selective driving according to the method disclosed in the Japanese Laid-Open Patent No. 6-348230, it is possible to display with an equal contrast and equal color as the cases comprising MIM elements.

[0072]

(Embodiment 13)

Fig. 17 is a drawing showing the essential components of a reflective color liquid crystal device pertaining to the invention as defined in Claim 16 and Claim 17 of the present invention. First the structure is explained. 1 is an upper polarizing plate, 2 is an opposing substrate, 3 is liquid

crystal, and 4 is an element substrate. On opposing substrate 2 are provided color filters 7, and opposing electrode (scan line) 8, and on element substrate 4 are provided signal line 9, scattering reflector plus pixel electrode 16, and MIM element 11. As for the scattering reflector plus pixel electrode, one was used having roughness applied to the surface of a metallic aluminum sputtered film by mechanical and chemical means. Also, the color filters have the identical properties as Fig. 3 of Embodiment 4.

[0073]

Fig. 18 is a drawing showing the relationships among all the axes of the reflective color liquid crystal device in Embodiment 13. 30 is the left-right direction (lengthwise direction) of the liquid crystal panel, 31 is the direction of the transmissive axis of the upper polarizing plate, 32 is the rubbing direction of the upper substrate, and 33 is the rubbing direction of the lower substrate. Here, the angle 40 formed by the rubbing direction of the upper substrate and the left-right direction of the liquid crystal panel is set to 62° , the angle 41 formed by the direction of the transmissive axis of the upper polarizing plate and the rubbing direction of the upper substrate is set to 94° , and the twist angle 42 of the liquid crystal is set to right 56° . By being arranged in this manner, the molecules in the center of the liquid crystal layer stand up from the side of the observer (that is, the bottom of the drawing) when applied with voltage, and combined with the visual angle properties of the TN liquid crystal, a high-contrast display whereby reflections tend not to be seen becomes possible.

[0074]

This is the single polarizing plate type nematic liquid crystal mode proposed by the Japanese Laid-Open Patent No. 3-223715, and it is characterized in that a scattering reflector is provided in the position adjacent to the liquid crystal because high-contrast black and white display is possible without using a lower polarizing plate.

[0075]

This reflective color liquid crystal device had a reflectivity of 30% and contrast ratio of 1:10 during white color display, it is capable of displaying the four colors, white, red, cyan, and black, the red display color was $x = 0.38$, $y = 0.31$, and the cyan display color was $x = 0.28$, $y = 0.32$. The display had no occurrence of reflections whatsoever, and the visual angle dependency was extremely little. Also, because the incident light passing through the red filter necessarily emerges through

the red filter, a bright display with high color purity was possible without contamination of the colors.

[0076]

(Embodiment 14)

When performing display with a reflective type color liquid crystal device in Embodiments 1 to 13 above, there occurs a problem which did not exist in a conventional transmissive type color liquid crystal device. That is the fact that it does not show enough color with a single dot, and in order to display color, it is necessary to display the same color across an area of a certain width. The causes of this are that the colors of the color filters are pale, there is a distance between the liquid crystal layer and the reflective plate (excepting Preferred Embodiments 36 to 39), and the colors of the neighboring dots mix easily.

[0077]

Accordingly, rather than a method of use such as displaying red characters on a white background, a method of use such as displaying black characters on a white background and making a part of the background red, that is, a method of use such as a marker, is more appropriate. Nevertheless, the fact that it does not show enough color with a single pixel means also that, conversely, while it is a color liquid crystal device, it can display black and white easily.

[0078]

Embodiment 14 is a reflective type color liquid crystal device pertaining to the invention as defined in Claim 18, and is characterized by one pixel being composed of one dot. A pixel is the minimum unit capable of realizing the function necessary for display, and in the usual color liquid crystal device, one pixel is composed of a total of three dots, each dot being red, green, or blue. Accordingly, in order to perform a 480x640 VGA display, 480x640x3 dots was necessary. When using two colors of color filters, being cyan and red, 480x640x2 dots was necessary. Nevertheless, Embodiment 14 can perform VGA display with 480x640 pixels in a color liquid crystal device.

[0079]

The configuration of Embodiment 14 is identical to, for example, Embodiment 4. Only the following efforts are made when performing display. An example is shown in Fig. 19, so it is

explained following this drawing. Here, 16x48 pixels are illustrated. (a) is a drawing showing the arrangement of the color filters, and red (shown as "R") and cyan (shown as "C") are arranged in a mosaic pattern. Also, (b) and (c) are drawings showing the distribution of on dots and off dots. Because the on dots are dark, they are shown with hatching. The (b) display turns on the pattern of "LCD" ignoring the arrangement of the color filters, but as described before, because this reflective type color liquid crystal device does not show colors sufficiently with a single dot, "LCD" appears displayed in black on a white background. Accordingly, black and white display is possible at a VGA resolution. Meanwhile, because the (c) display turned on only the cyan-colored dots of the background of (b), "LCD" appears displayed in black on a red background. When displaying in this manner the same color across an area of ten dots or wider than that, it becomes possible to display colors.

[0080]

In addition to such a method of use as a marker, for example, when displaying map information, it becomes possible to color only the specified routes if the widths of the roads are several dots. Also, because the icons on a PC screen are of a certain extent of area, their color display is possible.

[0081]

[Effect of the Invention]

As described above, according to the present invention, it is possible to provide a reflective color liquid crystal device that is bright and has a high contrast ratio by combining a liquid crystal mode using a polarizing plate and color filters having weak color tint.

[Brief Description of the Drawings]

[Fig. 1]

Fig. 1 is a drawing showing the essential components of a reflective color liquid crystal device in Embodiments 1-3 of the present invention.

[Fig. 2]

Fig. 2 is a drawing showing the spectral properties of a reflective color liquid crystal device in Embodiment 1 of the present invention.

[Fig. 3]

Fig. 3 is a drawing showing the spectral properties of a reflective color liquid crystal device in Embodiment 2, Embodiment 4, Embodiment 5, and Embodiments 10-14 of the present invention.

[Fig. 4]

Fig. 4 is a drawing showing the spectral properties of a reflective color liquid crystal device in Embodiment 3 of the present invention.

[Fig. 5]

Fig. 5 is a drawing showing the essential components of a reflective color liquid crystal device in Embodiment 4, Embodiment 5, Embodiment 11, and Embodiment 14 of the present invention.

[Fig. 6]

Fig. 6 is a drawing showing the details of the placement of color filters of a reflective color liquid crystal device in Embodiment 5 of the present invention.

[Fig. 7]

Fig. 7 is a drawing showing the spectral properties of a reflective color liquid crystal device in Embodiment 5 of the present invention.

[Fig. 8]

Fig. 8 is a drawing showing the essential components of a reflective color liquid crystal device in Embodiment 7 of the present invention.

[Fig. 9]

Fig. 9 is a drawing showing the spectral properties of a reflective color liquid crystal device in Embodiment 7 of the present invention.

[Fig. 10]

Fig. 10 is a drawing showing the essential components of a reflective color liquid crystal device in Embodiment 8 of the present invention.

[Fig. 11]

Fig. 19 is a drawing showing one example of a display of a reflective color liquid crystal device in Embodiment 14 of the present invention.

[Fig. 20]

Fig. 20 is a drawing showing the spectral properties of color filters of a conventional transmissive color reflective device.

[Fig. 21]

Fig. 21 is a drawing showing the spectral properties of the color filters proposed in Fig. 8 of the article by Mr. Tatsuo Uchida, et al. (IEEE Transactions on Electron Devices, Vol. ED-33, No. 8, pp. 1207-1211 (1986))

[Fig. 22]

Fig. 22 is a drawing showing the spectral properties of the color filters proposed in Fig. 2 of the article by Mr. Seiichi Mitsui, et al. (SID92 Digest, pp. 437-440 (1992))

[Fig. 23]

Fig. 23 is a drawing showing the spectral properties of the color filters proposed in Fig. 2(a), (b), and (c) of Japanese Laid-Open Patent No. 5-241143.

[Description of the Symbols]

- 1 upper polarizing plate
- 2 opposing substrate
- 3 liquid crystal
- 4 element substrate
- 5 lower polarizing plate
- 6 scattering reflector
- 7 color filter
- 8 opposing electrode (scan line, scan electrode)
- 9 signal line
- 10 pixel electrode
- 11 MIM element
- 12 transflector
- 13 backlight
- 14 retardation film
- 15 signal electrode
- 16 scattering reflector plus pixel electrode
- 17 upper substrate
- 18 lower substrate
- 21 red filter spectrum

22 green filter spectrum
23 blue filter spectrum
24 yellow filter spectrum
25 cyan filter spectrum
26 magenta filter spectrum
30 left-right direction (lengthwise direction) of liquid crystal panel
31 direction of transmissive axis of upper substrate (or opposing substrate)
32 rubbing direction of upper substrate (or element substrate)
33 direction of transmissive axis of lower substrate (or element substrate)
34 direction of transmissive axis of lower polarizing plate
35 direction of drawing of retardation film
40 angle formed by 30 and 32
41 angle formed by 31 and 32
42 twist angle of liquid crystal
43 angle formed by 33 and 34
44 angle formed by 31 and 35
45 angle formed by 32 and 35
51 incident light
52 reflected light
53 30° cone as center of mirror reflection
61 region in which opposing electrode and pixel electrode overlap
62 cyan filter
63 red filter

[Document] Drawings

[Fig. 1]

[Fig. 2]

- 1 transmissivity
- 2 wavelength

[Fig. 3]

- 1 transmissivity
- 2 wavelength

[Fig. 4]

- 1 transmissivity
- 2 wavelength

[Fig. 5]

[Fig. 6]

[Fig. 7]

- 1 transmissivity
- 2 wavelength

[Fig. 8]

[Fig. 9]

- 1 transmissivity
- 2 wavelength

[Fig. 10]

[Fig. 11]

[Fig. 12]

- 1 relative reflective strength
- 2 received light angle

[Fig. 13]

[Fig. 14]

[Fig. 15]

[Fig. 16]

[Fig. 17]

[Fig. 18]

[Fig. 19]

[Fig. 20]

- 1 transmissivity
- 2 wavelength

[Fig. 21]

- 1 reflectivity
- 2 wavelength

[Fig. 22]

- 1 reflectivity
- 2 wavelength

[Fig. 23]

- 1 reflectivity
- 2 wavelength

[Document] Abstract of the Disclosure

[Abstract]

[Object] To provide a bright, high-contrast reflective color liquid crystal device.

[Means to Achieve the Object] In a liquid crystal panel that drives TN mode liquid crystal using MIM elements or TFT elements, the color filters are made brighter and weaker colored than those used in an ordinary transmissive panel. All of the color filters have a transmissivity of 30% or more for the light of all wavelengths within the range of 450nm to 660nm.

[Selected Drawing] Fig. 9

【書類名】 特許願
【整理番号】 P O S 5 3 9 4 4
【提出日】 平成 0 7 年 0 7 月 1 7 日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 G 0 2 F 1 / 1 3 3 5 1 0
G 0 2 F 1 / 1 3 3 5 5 0 5
【発明の名称】 反射型カラー液晶装置
【請求項の数】 1 8

【発明者】

【住所又は居所】 長野県諏訪市大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社内

【氏名】 奥村 治

【発明者】

【住所又は居所】 長野県諏訪市大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社内

【氏名】 岡本 英司

【発明者】

【住所又は居所】 長野県諏訪市大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社内

【氏名】 前田 強

【特許出願人】

【識別番号】 0 0 0 0 0 2 3 6 9

【氏名又は名称】 セイコーエプソン株式会社

【代表者】 安川 英昭

【代理人】

【識別番号】 1 0 0 0 9 3 3 8 8

【弁理士】

【氏名又は名称】 鈴木 喜三郎

【連絡先】 3 3 4 8 - 8 5 3 1 内線 2 6 1 0 - 2 6 1 5

【選任した代理人】

【識別番号】 100095728

【弁理士】

【氏名又は名称】 上柳 雅誉

【手数料の表示】

【納付方法】 予納

【予納台帳番号】 013044

【納付金額】 21000

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9005917

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 反射型カラー液晶装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 対向する内面に電極を備えた一对の基板と、該基板間に挟持された液晶と、少なくとも 2 色のカラーフィルタと、少なくとも 1 枚の偏光板と、反射板とを有する反射型カラー液晶装置において、前記カラーフィルタのいずれも、450nm から 660nm の範囲の全ての波長の光に対して 30% 以上の透過率を有することを特徴とする反射型カラー液晶装置。

【請求項 2】 前記カラーフィルタのいずれも、450nm から 660nm の範囲の全ての波長の光に対して 50% 以上の透過率を有することを特徴とする反射型カラー液晶装置。

【請求項 3】 前記カラーフィルタのいずれも、450nm から 660nm の範囲の全ての波長の光に対して 60% 以上の透過率を有することを特徴とする反射型カラー液晶装置。

【請求項 4】 前記カラーフィルタのいずれも、450nm から 660nm の範囲の波長の光に対して 70% 以上の平均透過率を有することを特徴とする請求項 1 記載の反射型カラー液晶装置。

【請求項 5】 前記カラーフィルタのいずれも、450nm から 660nm の範囲の波長の光に対して 75% 以上 90% 以下の平均透過率を有することを特徴とする請求項 1 記載の反射型カラー液晶装置。

【請求項 6】 前記カラーフィルタが、隣り合うドットの色が異なるよう配列されていることを特徴とする請求項 1 記載の反射型カラー液晶装置。

【請求項 7】 前記カラーフィルタが、ドット外の領域においても、ドット内の領域と同程度、あるいはそれよりも小さい吸収を持つことを特徴とする請求項 1 記載の反射型カラー液晶装置。

【請求項 8】 前記カラーフィルタが、互いに補色の関係にある 2 色からなることを特徴とする請求項 1 記載の反射型カラー液晶装置。

【請求項 9】 前記カラーフィルタが、赤、緑、青の 3 色からなることを特徴とする請求項 1 記載の反射型カラー液晶装置。

【請求項 1 0】前記 2 枚の基板の内、反射板と隣接する側の基板の厚みを、パネル上下方向のドットピッチの 2 倍よりも小さくしたことを特徴とする請求項 1 記載の反射型カラー液晶装置。

【請求項 1 1】前記反射板が、これにビーム光を入射したときに、その正反射方向を中心とした 3 0 度コーンの中に 8 0 % 以上の光が反射する弱い散乱特性を有していることを特徴とする請求項 1 記載の反射型カラー液晶装置。

【請求項 1 2】前記反射板が半透過反射板であって、その背面側にバックライトを備えていることを特徴とする請求項 1 記載の反射型カラー液晶装置。

【請求項 1 3】前記液晶が略 9 0 度ねじれたネマチック液晶であり、2 枚の偏光板をその透過軸が各々隣接する基板のラビング方向と直交するよう配置したことを特徴とする請求項 1 記載の反射型カラー液晶装置。

【請求項 1 4】前記ネマチック液晶の複屈折率 Δn と、液晶層厚 d の積 $\Delta n \times d$ が $1.3 \mu m$ よりも大きく、 $1.4 \mu m$ よりも小さいことを特徴とする請求項 1 3 記載の反射型カラー液晶装置。

【請求項 1 5】前記液晶が 9 0 度以上ねじれたネマチック液晶であり、2 枚の偏光板間に少なくとも 1 枚の位相差フィルムを配置したことを特徴とする請求項 1 記載の反射型カラー液晶装置。

【請求項 1 6】前記反射板を一对の基板間に備え、偏光板を 1 枚だけ配置したことを特徴とする請求項 1 記載の反射型カラー液晶装置。

【請求項 1 7】前記液晶の層中心の分子が、電圧印加時に観察者側から立ち上がることを特徴とする請求項 1 3、請求項 1 5 または請求項 1 6 記載の反射型カラー液晶装置。

【請求項 1 8】1 ドットで 1 画素を構成することを特徴とする請求項 1 記載の反射型カラー液晶装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、反射型カラー液晶装置に関する。

【 0 0 0 2 】

【 従来 の 技術 】

PDA (P e r s o n a l D i g i t a l A s s i s t a n t) のような小型携帯情報端末に搭載されているディスプレイは、現在のところ、ほとんどがモノクロの反射型STN (スーパーツイステッドネマチック) 液晶である。カラー表示に対するニーズも高いが、バックライトが必要な従来の透過型カラー液晶装置では、消費電力が大きく携帯用途に向いていない。従って、反射型でカラー表示ができる液晶装置が、強く期待されている。

【 0 0 0 3 】

反射型カラー液晶装置の開発は、1980年代中頃から本格的に着手されたようである。それ以前は、例えば特開昭50-80799号公報にもあるように、どのような液晶モードでも、また透過型でも反射型でも、それに原色のカラーフィルタを設けさえすればカラー表示が出来ると考えられていた。しかしながら、透過型カラー液晶装置に反射板を設けただけでは反射型カラー液晶装置として機能しない。実用的な明るさを如何に確保するかが、一番の問題であった。

【 0 0 0 4 】

一般的に用いられているTN (ツイステッドネマチック) モードやSTNモードは、偏光板を必要とするため、少なくとも光の半分を無駄にしている。反射型カラー液晶装置について報告している内田龍男氏らの論文 (IEEE Transactions on Electron Devices, Vol.ED-33, No.8, pp.1207-1211(1986)) では、そのFig. 2で各種液晶表示モードの明るさの比較を行っており、その結果、偏光板が要らないPCGH (相転移型ゲストホスト) モードを採用している。また特開平5-241143号公報でも、反射型カラー液晶装置を実現するために、偏光板が要らないPDL C (高分子分散型液晶) モードを採用している。このように、従来は、偏光板を用いる液晶表示モードは反射型カラー液晶表示に適さないと考えられていた。

【 0 0 0 5 】

明るさの改善を考える上で、液晶表示モードとともに重要な観点は、カラーフィルタの色設計である。従来、透過型カラー液晶装置で使われていたカラーフィ

ルタは、図 2 0 に示したような分光特性を有していた。図 2 0 の横軸は光の波長、縦軸は透過率であり、2 1 が赤フィルタのスペクトル、2 2 が緑フィルタのスペクトル、2 3 が青フィルタのスペクトルである。人間が感知できる光は、個人差もあるが概ね 3 8 0 n m から 7 8 0 n m の波長範囲であり、特に 4 5 0 n m から 6 6 0 n m の波長範囲で視感度が高い。図 2 0 のカラーフィルタは、いずれもこの範囲で、透過率が 1 0 % 以下になる波長が存在しており、多くの光を無駄にしている。また、この波長範囲で透過率を単純平均した値を平均透過率と定義すると、赤フィルタの平均透過率が 2 8 %、緑フィルタが 3 3 %、青フィルタが 3 0 % であった。反射型カラー液晶装置に利用するためにはもっと明るいフィルタが必要である。

【 0 0 0 6 】

前述の内田龍男氏らの論文の F i g . 8 で提案されていたカラーフィルタは、互いに補色関係にある 2 色を利用することで、3 色の場合よりも明るくなるよう工夫したものであった。その分光特性を図 2 1 に示す。図 2 1 の横軸は光の波長、縦軸は反射率であり、2 2 が緑フィルタのスペクトル、2 6 がマゼンタフィルタのスペクトルである。縦軸が反射率で表示してあるため比較が難しいが、単純に各波長における反射率の平方根が透過率であると仮定すると、4 5 0 n m から 6 6 0 n m の波長範囲で、いずれのカラーフィルタも透過率が 1 0 % 以下になる波長が存在する。また平均透過率は、緑フィルタが 4 1 %、マゼンタフィルタが 4 8 % であった。

【 0 0 0 7 】

また、三ツ井精一氏らの論文 (SID 92 DIGEST, pp. 437-440 (1992)) も、同じ P C G H モードを採用した反射型カラー液晶装置に関するものであるが、彼らはその F i g . 2 にあるような明るい 2 色のカラーフィルタを利用している。その分光特性を図 2 2 に示す。図 2 2 の横軸は光の波長、縦軸は反射率であり、2 2 が緑フィルタのスペクトル、2 6 がマゼンタフィルタのスペクトルである。縦軸が反射率で表示してあるが、同様に各波長における反射率の平方根が透過率であると仮定すると、少なくとも緑フィルタの透過率が 4 7 0 n m 以下の波長で 5 0 % よりも小さい。また平均透過率は、緑フィルタが 6 8 %、マゼンタフィルタが

6 7 %であった。

【 0 0 0 8 】

また先の特開平 5 - 2 4 1 1 4 3 号公報の図 2 (a) 、 (b) 、 (c) で提案されていたカラーフィルタは、赤、緑、青の 3 色ではなく、イエロー、シアン、マゼンタの 3 色を利用して、明るくしている。その分光特性を図 2 3 に示す。図 2 3 の横軸は光の波長、縦軸は反射率であり、2 4 がイエローフィルタのスペクトル、2 5 がシアンフィルタのスペクトル、2 6 がマゼンタフィルタのスペクトルである。縦軸が反射率で表示してある上、軸に目盛りが打たれていないため、比較することが難しいが、反射率の最大値を 1 0 0 % と最も高めに考えた上で、単純に各波長における反射率の平方根を透過率であると仮定した。すると、やはり 4 5 0 n m から 6 6 0 n m の波長範囲で、いずれのカラーフィルタも透過率が 1 0 % 以下になる波長が存在する。また平均透過率を大ざっぱに見積もったところ、イエローフィルタが約 7 0 % 、シアンフィルタが約 6 0 % 、マゼンタフィルタが約 5 0 % であった。

【 0 0 0 9 】

このように、従来は、偏光板を用いない明るい液晶モードと、明るいカラーフィルタを組み合わせることによって、反射型カラー表示を実現していたが、明るいカラーフィルタといっても、4 5 0 n m から 6 6 0 n m の波長範囲で透過率が 5 0 % を切る波長が存在するカラーフィルタや、この平均透過率が 7 0 % よりも低いカラーフィルタを用いていた。

【 0 0 1 0 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、こうした従来の反射型カラー液晶装置は、偏光板を用いていないため、高いコントラスト比が得られず、その結果として色再現性も悪いという課題があった。例えば前述の内田龍男氏らの論文では、その 1 2 0 8 ページ右欄 1 9 行目からコントラスト比の設計値が 1 : 5 であることがわかる。また前述の三ツ井精一氏らの論文でも、その 4 3 9 ページ 2 2 行目からコントラスト比が 1 : 3 しかなかったことがわかる。従来の透過型のカラー液晶装置のコントラスト比は 1 : 1 0 0 以上であるから、1 : 3 や 1 : 5 のコントラスト比ではいかにも

見劣りがする。また偏光板を使用しない液晶表示モードは、P C G Hモードにしても、P D L Cモードにしても、製造上、信頼性確保上、数々の課題があって、未だ十分に実用化しているとは言えない点も、大きな問題であった。

【 0 0 1 1 】

そこで本発明では、偏光板を用いる液晶モードを採用して高コントラストを確保した上で、これに従来よりもさらに明るく淡い色調のカラーフィルタを組み合わせることで明るい表示を実現した。このカラーフィルタは極めて淡い色調であり、もはや原色と呼べるほどの純度が無い点で、特開昭50-80799号公報で提案されているカラー液晶表示板とは異なる。しかも高コントラストが得られた分、従来のP C G HモードやP D L Cモードを利用した反射型カラー液晶装置と同程度の色表現が可能になり、十分な明るさも確保出来る。

【 0 0 1 2 】

偏光板を用いる液晶表示モードは数多く存在するが、本発明の目的には、明るく白黒表示が可能な液晶表示モード、例えば特公昭51-013666号公報で提案されたT Nモード、特公平3-50249号公報で提案された位相差板補償型のS T Nモード、特開平3-223715号公報で提案された1枚偏光板型のネマチック液晶モード、特開平6-235920号公報で提案された双安定スイッチングを行うネマチック液晶モード等が適している。

【 0 0 1 3 】

本発明の目的は、偏光板を用いる液晶表示モードと明るく淡い色調のカラーフィルタと組み合わせることによって、明るくコントラスト比が高い反射型カラー液晶装置を提供することにある。

【 0 0 1 4 】

【課題を解決するための手段】

請求項1記載の発明は、対向する内面に電極を備えた一対の基板と、該基板間に挟持された液晶と、少なくとも2色のカラーフィルタと、少なくとも1枚の偏光板と、反射板とを有する反射型カラー液晶装置において、前記カラーフィルタのいずれも、450nmから660nmの範囲の全ての波長の光に対して30%以上の透過率を有することを特徴とする。

【 0 0 1 5 】

請求項 2 記載の発明は、前記カラーフィルタのいずれも、450 nm から 660 nm の範囲の全ての波長の光に対して 50 % 以上の透過率を有することを特徴とする。

【 0 0 1 6 】

請求項 3 記載の発明は、前記カラーフィルタのいずれも、450 nm から 660 nm の範囲の全ての波長の光に対して 60 % 以上の透過率を有することを特徴とする。

【 0 0 1 7 】

請求項 4 記載の発明は、前記カラーフィルタのいずれも、450 nm から 660 nm の範囲の波長の光に対して 70 % 以上の平均透過率を有することを特徴とする。

【 0 0 1 8 】

請求項 5 記載の発明は、前記カラーフィルタのいずれも、450 nm から 660 nm の範囲の波長の光に対して 75 % 以上 90 % 以下の平均透過率を有することを特徴とする。

【 0 0 1 9 】

請求項 6 記載の発明は、前記カラーフィルタが、隣り合うドットの色が異なるよう配列されていることを特徴とする。

【 0 0 2 0 】

請求項 7 記載の発明は、前記カラーフィルタが、ドット外の領域においても、ドット内の領域と同程度、あるいはそれよりも小さい吸収を持つことを特徴とする。

【 0 0 2 1 】

請求項 8 記載の発明は、前記カラーフィルタが、互いに補色の関係にある 2 色からなることを特徴とする。

【 0 0 2 2 】

請求項 9 記載の発明は、前記カラーフィルタが、赤、緑、青の 3 色からなることを特徴とする。

【 0 0 2 3 】

請求項 1 0 記載の発明は、前記 2 枚の基板の内、反射板と隣接する側の基板の厚みを、パネル上下方向のドットピッチの 2 倍よりも小さくしたことを特徴とする。

【 0 0 2 4 】

請求項 1 1 記載の発明は、前記反射板が、これにビーム光を入射したときに、その正反射方向を中心とした 3 0 度コーンの中に 8 0 % 以上の光が反射する弱い散乱特性を有していることを特徴とする。

【 0 0 2 5 】

請求項 1 2 記載の発明は、前記反射板が半透過反射板であって、その背面側にバックライトを備えていることを特徴とする。

【 0 0 2 6 】

請求項 1 3 記載の発明は、前記液晶が略 9 0 度ねじれたネマチック液晶であり、2 枚の偏光板をその透過軸が各々隣接する基板のラビング方向と直交するように配置したことを特徴とする。

【 0 0 2 7 】

請求項 1 4 記載の発明は、前記ネマチック液晶の複屈折率 Δn と、液晶層厚 d の積 $\Delta n \times d$ が $1.3 \mu\text{m}$ よりも大きく、 $1.4 \mu\text{m}$ よりも小さいことを特徴とする。

【 0 0 2 8 】

請求項 1 5 記載の発明は、前記液晶が 9 0 度以上ねじれたネマチック液晶であり、2 枚の偏光板間に少なくとも 1 枚の位相差フィルムを配置したことを特徴とする。

【 0 0 2 9 】

請求項 1 6 記載の発明は、前記反射板を一对の基板間に備え、偏光板を 1 枚だけ配置したことを特徴とする。

【 0 0 3 0 】

請求項 1 7 記載の発明は、前記液晶の層中心の分子が、電圧印加時に観察者側から立ち上がることを特徴とする。

【 0 0 3 1 】

請求項 1 8 記載の発明は、1 ドットで1 画素を構成することを特徴とする。

【 0 0 3 2 】

【実施例】

以下本発明を図面に基づいて説明する。

【 0 0 3 3 】

(実施例 1)

図 1 は本発明の請求項 1 記載の発明に係る反射型カラー液晶装置の要部を示す図である。まず構成を説明する。1 は上側偏光板、2 は対向基板、3 は液晶、4 は素子基板、5 は下側偏光板、6 は拡散反射板であり、対向基板 2 上にはカラーフィルタ 7 と、対向電極（走査線）8 を設け、素子基板 4 上には信号線 9、画素電極 1 0、MIM 素子 1 1 を設けた。ここで 1 と 2、4 と 5、5 と 6 は、離して描いてあるが、これは図を明解にするためであって、実際には糊で接着している。また対向基板 2 と素子基板 4 の間も広く離して描いてあるが、これも同様の理由からであって実際には数 μm から十数 μm 程度のギャップしかない。また、図 1 は反射型カラー液晶装置の要部を示しているため、 3×3 の 9 画素分しか示していないが、本実施例ではそれ以上の画素数を有し、 480×640 の 307200 画素又はそれ以上の画素を有する場合もある。

【 0 0 3 4 】

対向電極 8 と画素電極 1 0 は透明な ITO で形成し、信号線 9 は金属 Ta で形成した。MIM 素子は絶縁膜 Ta_2O_5 を金属 Ta と金属 Cr で挟んだ構造である。液晶 3 は 90 度ねじれたネマチック液晶であり、上下の偏光板は互いに偏光軸が直交している。これは一般的な TN モードの構成である。またカラーフィルタ 7 は互いに補色の関係にある赤（図中「R」で示した）とシアン（図中「C」で示した）の 2 色から成っていて、ストライプ状に配列した。

【 0 0 3 5 】

図 2 はカラーフィルタ 7 の分光特性を示す図である。図 2 の横軸は光の波長、縦軸は透過率であり、2 1 が赤フィルタのスペクトル、2 5 がシアンフィルタのスペクトルを示している。スペクトルの測定は、顕微分光光度計を使用して対向

基板単体で行い、ガラス基板と透明電極の透過率を100%に補正した。以下、カラーフィルタの分光特性は全てこの方法により測定した。また請求項1から5における透過率も、この方法で測定した値と定義する。赤フィルタもシアンフィルタも、450nmから660nmの波長範囲で、常に30%以上の透過率を示している。また同じの波長範囲での平均透過率は、赤フィルタが52%、シアンフィルタが66%であった。このように非常に淡い色調のカラーフィルタであるから、本来ならば「赤」ではなく「ピンク」と表記した方が正確であるが、混乱を避けるため、以下では濃い色の表記で統一する。

【0036】

さて以上のようにして作成した反射型カラー液晶装置は、白色表示時の反射率が24%、コントラスト比が1:15、白と赤とシアンと黒の4色表示が可能で、赤表示色は $x = 0.39$ 、 $y = 0.32$ 、シアン表示色は $x = 0.28$ 、 $y = 0.31$ であった。これは従来の反射型モノクロ液晶装置の約6割の明るさ、同等のコントラスト比であり、通常の室内照明光の下で、あるいは昼間の屋外で十分に使用できる特性である。

【0037】

本発明の請求項1の範囲外のカラーフィルタ、即ち450nmから660nmの波長範囲で、一部でも30%未満の透過率を示すようなカラーフィルタを用いた反射型カラー液晶装置は、表示が暗く特別な照明を必要とするか、あるいはホワイトバランスが狂って白が表示出来ないかのいずれかの理由で、通常の使用に耐えられない。

【0038】

実施例1においては、カラーフィルタ上に対向電極を設けた構造を取ったが、逆に対向電極上にカラーフィルタを設けても特に支障はない。またアクティブ素子としてMIM素子を使用したか、これは開口率を高める上で若干有利であるから、TFT素子を用いても本発明の効果に変わりはない。

【0039】

(実施例2)

図3は、本発明の請求項2ならびに請求項4記載の発明に係る反射型カラー液

晶装置の、カラーフィルタの分光特性を示す図である。実施例 2 の構成は、図 1 に示した実施例 1 の場合と同様であり、やはり赤とシアンの 2 色から成るカラーフィルタを備えている。図 3 の横軸は光の波長、縦軸は透過率であり、21 が赤フィルタのスペクトル、25 がシアンフィルタのスペクトルを示している。いずれの色のカラーフィルタも、450 nm から 660 nm の波長範囲で、50 % 以上の透過率を有している。また同じ波長範囲での平均透過率は、赤フィルタが 71 %、シアンフィルタが 78 % であった。

【0040】

この反射型カラー液晶装置は、白色表示時の反射率が 30 %、コントラスト比が 1 : 15、白と赤とシアンと黒の 4 色表示が可能で、赤表示色は $x = 0.34$ 、 $y = 0.32$ 、シアン表示色は $x = 0.29$ 、 $y = 0.31$ であった。これは従来の反射型モノクロ液晶装置の 7 割強の明るさ、同等のコントラスト比である。

【0041】

このように、どの色のカラーフィルタも、450 nm から 660 nm の範囲の全ての波長の光に対して 50 % 以上の透過率を有するか、あるいは同じ波長範囲で 70 % 以上の平均透過率を有していると、従来の反射型モノクロ液晶装置とほぼ同等の環境下で利用できる、明るい反射型カラー液晶装置が得られる。

【0042】

(実施例 3)

図 4 は、本発明の請求項 3 ならびに請求項 5 記載の発明に係る反射型カラー液晶装置の、カラーフィルタの分光特性を示す図である。実施例 3 の構成は、図 1 に示した実施例 1 の場合と同様であり、やはり赤とシアンの 2 色から成るカラーフィルタを備えている。図 4 の横軸は光の波長、縦軸は透過率であり、21 が赤フィルタのスペクトル、25 がシアンフィルタのスペクトルを示している。いずれの色のカラーフィルタも、450 nm から 660 nm の波長範囲で、60 % 以上の透過率を有している。また同じ波長範囲での平均透過率は、赤フィルタが 75 %、シアンフィルタ 80 % であった。

【0043】

この反射型カラー液晶装置は、白色表示時の反射率が31%、コントラスト比が1:15、白と赤とシアンと黒の4色表示が可能で、赤表示色は $x=0.33$ 、 $y=0.33$ 、シアン表示色は $x=0.30$ 、 $y=0.31$ であった。これは従来の反射型モノクロ液晶装置の約8割の明るさ、同等のコントラスト比である。

【0044】

このように、どの色のカラーフィルタも、450nmから660nmの範囲の全ての波長の光に対して60%以上の透過率を有するか、あるいは同じ波長範囲で75%以上の平均透過率を有していると、タッチキー等の入力手段を液晶装置の全面に取り付けても支障無く使用できる、明るい反射型カラー液晶装置が得られる。但し、同じ波長範囲での平均透過率が90%を越すようなカラーフィルタを用いると、表示色が極めて淡くなって色の識別が困難になる。このようなカラーフィルタは、本発明の請求項5の範囲外である。

【0045】

(実施例4)

図5は本発明の請求項6記載の発明に係る反射型カラー液晶装置の要部を示す図である。まず構成を説明する。1は上側偏光板、2は対向基板、3は液晶、4は素子基板、5は下側偏光板、6は拡散反射板であり、対向基板2上にはカラーフィルタ7と、対向電極（走査線）8を設け、素子基板4上には信号線9、画素電極10、MIM素子11を設けた。

【0046】

ここでカラーフィルタ7は互いに補色の関係にある赤（図中「R」で示した）とシアン（図中「C」で示した）の2色から成っていて、モザイク状に市松模様を描くよう配列した。図1のようにカラーフィルタをストライプ状に配列すると、上下方向には極めて広い視角特性を有するが、左右方向に視角を振ると着色する視角方向と消色する視角方向が交互に現れてしまう。これは下側基板の厚み分だけ、液晶層およびカラーフィルタ層と、反射板との間に距離があるために起こる現象である。図5のようにモザイク状に市松模様を描くように配列すると、こ

のような現象がかなり緩和されることが実験により確かめられた。また画素数が比較的少ない場合にも色の混色が良好であることもわかった。

【 0 0 4 7 】

なおカラーフィルタは、実施例 2 の図 3 と同様の分光特性を有しており、明るさ、コントラスト比ともに実施例 2 と同程度であった。

【 0 0 4 8 】

(実施例 5)

図 6 は本発明の請求項 7 記載の発明に係る反射型カラー液晶装置の要部を示す図である。基本的な構成ならびにカラーフィルタの分光特性は実施例 4 と同様であるが、ドット外の領域におけるカラーフィルタの配置に工夫を凝らした。図 6 において、61 に示した「凸」状の領域は、対向電極と画素電極が重なっていて、液晶に電界が印加される領域であり、請求項 7 のドットに相当する。また右上から左下に斜めにハッチングを施した領域 62 はシアンフィルタであり、クロスにハッチングを施した領域 63 は赤フィルタである。

【 0 0 4 9 】

図 6 の (a) では、赤フィルタとシアンフィルタがドット外でぴったり接するように配置した。また (b) では、ドット外にもフィルタを設けたが互いに離して配置した。また (c) では、ドット外に赤フィルタを配置した。いずれもドット外の領域にドット内と同程度あるいはそれよりも小さい吸収を有しているため、明るくコントラスト比が高い表示が得られる。各々の特性は、(a) が白表示時の反射率 30% でコントラスト比 1 : 15、(b) が反射率 33% でコントラスト比 1 : 13、(c) が 29% で 1 : 16 であった。

【 0 0 5 0 】

透過型カラー液晶装置では、一般にドット外にはブラックマスクを設けるが、反射型カラー液晶装置にブラックマスクを設けると、必要以上に高いコントラストが得られる反面、表示が暗くなる。逆にドット外に全くカラーフィルタを設けないと、コントラストが著しく低下する問題があり、好ましくない。

【 0 0 5 1 】

(実施例 6)

図 7 は、本発明の請求項 8 記載の発明に係る反射型カラー液晶装置の、カラーフィルタの分光特性を示す図である。実施例 2 の構成は、図 5 に示した実施例 4 と同様であるが、赤とシアンの代わりに緑とマゼンタの 2 色から成るカラーフィルタを備えている。図 6 の横軸は光の波長、縦軸は透過率であり、22 が緑フィルタのスペクトル、26 がマゼンタフィルタのスペクトルを示している。いずれの色のカラーフィルタも、450 nm から 660 nm の波長範囲で、50% 以上の透過率を有している。また同じ波長範囲での平均透過率は、緑フィルタが 76%、シアンフィルタが 78% であった。

【0052】

この反射型カラー液晶装置は、白色表示時の反射率が 31%、コントラスト比が 1 : 17、白と緑とマゼンタと黒の 4 色表示が可能で、緑表示色は $x = 0.31$ 、 $y = 0.35$ 、マゼンタ表示色は $x = 0.32$ 、 $y = 0.29$ であった。これは従来の反射型モノクロ液晶装置の約 8 割の明るさ、同等のコントラスト比である。

【0053】

互いに補色の関係にある 2 色としては、赤とシアン、緑とマゼンタの他に、青とイエローの組み合わせも考えられるが、前二者のように赤系統の色が表示出来た方が、見栄えがするという点でより好ましい。

【0054】

(実施例 7)

図 8 は本発明の請求項 9 記載の発明に係る反射型カラー液晶装置の要部を示す図である。まず構成を説明する。1 は上側偏光板、2 は対向基板、3 は液晶、4 は素子基板、5 は下側偏光板、6 は拡散反射板であり、対向基板 2 上にはカラーフィルタ 7 と、対向電極（走査線）8 を設け、素子基板 4 上には信号線 9、画素電極 10、MIM 素子 11 を設けた。

【0055】

ここでカラーフィルタ 7 は赤（図中「R」で示した）と緑（図中「G」で示した）と青（図中「B」で示した）の 3 色から成っていて、図のようにモザイク状に配列した。

【 0 0 5 6 】

図 9 はカラーフィルタ 7 の分光特性を示す図である。図 9 の横軸は光の波長、縦軸は透過率であり、21 が赤フィルタのスペクトル、22 が緑フィルタのスペクトル、23 が青フィルタのスペクトルを示している。いずれの色のカラーフィルタも、いずれも 450 nm から 660 nm の波長範囲で、50 % 以上の透過率を有している。また同じ波長範囲での平均透過率は、赤フィルタが 74 %、緑フィルタが 75 %、青フィルタの透過率が 63 % であった。

【 0 0 5 7 】

以上のようにして作成した反射型カラー液晶装置は、白色表示時の反射率が 28 %、コントラスト比が 1 : 14、フルカラー表示が可能で、赤表示色は $x = 0.39$ 、 $y = 0.32$ 、緑表示色は $x = 0.31$ 、 $y = 0.35$ 、青表示色は $x = 0.29$ 、 $y = 0.27$ であった。これは従来の反射型モノクロ液晶装置の約 7 割の明るさ、同等のコントラスト比であり、特別の照明を必要とせずに、ビデオ映像を楽しめる特性である。

【 0 0 5 8 】

(実施例 8)

図 10 は本発明の請求項 10 記載の発明に係る反射型カラー液晶装置の要部を示す図である。まず構成を説明する。1 は上側偏光板、2 は対向基板、3 は液晶、4 は素子基板、5 は下側偏光板、6 は拡散反射板であり、対向基板 2 上にはカラーフィルタ 7 と、対向電極（走査線）8 を設け、素子基板 4 上には信号線 9、画素電極 10、MIM 素子 11 を設けた。

【 0 0 5 9 】

図 1 との違いは対向基板側に拡散反射板を設けて素子基板側から観察するように配置したことと、対向基板に厚さ 0.4 mm のガラスを採用したことにある。実施例 8 の反射型カラー液晶装置は、図 5 に示したようなモザイク配置の赤フィルタとシアンフィルタを備えており、パネル上下方向のドットピッチが 0.24 mm である。従って、対向基板の厚さ 0.4 mm は、ドットピッチの 2 倍よりも小さい。

【0060】

基板に用いられるガラスの厚みは1.1mmあるいは0.7mmが一般的であるが、これをドットピッチの2倍よりも小さくしたところ、次の三つの画質改善効果が現れた。一つは影が見えにくくなりコントラストも改善されるという効果である。これは特開昭57-132116号公報で開示されているように、反射型モノクロ液晶装置とも共通する効果である。二つめは、色表示が明るくなり、色純度も向上するという反射型カラー液晶装置に特有の効果である。これは、例えば赤フィルタを通過した光が反射板で反射されて、シアンフィルタを通り、色を濁らせるといったケースが少なくなるためである。三つめは、実施例4で述べたような視角依存性が緩和されるという効果である。

【0061】

上記効果は基板厚みが薄いほど大きいが、製造上の容易さを考えれば、素子基板の厚みは従来通り1.1mmか0.7mmに据え置き、対向基板だけを薄くした方が望ましい。

【0062】

（実施例9）

反射型カラー液晶装置においては、拡散反射板の特性が、明るさやコントラスト、視角特性を大きく左右する。拡散反射板には鏡面のように拡散性の弱いものから、紙のように拡散性の強いものまで各種存在し、周囲環境に応じて選択されるが、反射型カラー液晶装置向けには、明るさとコントラストを重視して拡散性の弱いものが望ましい。

【0063】

図11と図12は、本発明の請求項11記載の発明に係る反射型カラー液晶装置の反射板の特性を示す図である。図11において、6は拡散反射板、51は拡散反射板表面に45°の角度で入射する光、52はその反射光、53は正反射を中心にした30度コーンである。また図12の横軸は反射光の受光角、縦軸は相対反射強度である。実施例9の反射板は、入射光の約95%が、図11の30°コーンの中に反射する特性を有する。これが80%未満になると、通常の室内環境のもとで、1:10以上のコントラスト比が得られなくなる。

【0064】

（実施例10）

図13は本発明の請求項12記載の発明に係る反射型カラー液晶装置の要部を示す図である。まず構成を説明する。1は上側偏光板、2は対向基板、3は液晶、4は素子基板、5は下側偏光板、12は半透過反射板、13はバックライトであり、対向基板2上にはカラーフィルタ7と、対向電極（走査線）8を設け、素子基板4上には信号線9、画素電極10、MIM素子11を設けた。またカラーフィルタは、実施例2の図3と同様の分光特性を有している。

【0065】

半透過反射板の反射率は、通常の拡散反射板の7割程度であるから、バックライトを点灯せずに反射モードで使用する際には、白色表示時の反射率が24%程度になる。一方バックライトを点灯した透過モードでは、透過率が22%程度になり、表面輝度 400 cd/m^2 といったモノクロ用のバックライトでも十分な明るさが得られる。また図3に示したようなカラーフィルタの特性では、本来透過で色を表示するには不十分であるが、半透過反射板を用いると、透過モードでも周囲光の反射で色純度を高まるという効果がある。

【0066】

（実施例11）

実施例11は、本発明の請求項13、請求項14ならびに請求項17に係る反射型カラー液晶装置に関するものであるが、基本的な構成、およびカラーフィルタの分光特性は、実施例4の図5、図3と同様である。その特徴は、TNモードのセル条件が反射型カラー液晶装置用に最適化されていることにある。

【0067】

図14は実施例11における反射型カラー液晶装置の各軸の関係を示す図である。30は液晶パネルの左右方向（長手方向）であり、31は上側偏光板の透過軸方向、32が対向基板のラビング方向、33が素子基板のラビング方向、34が下側偏光板の透過軸方向である。ここで対向基板のラビング方向と液晶パネルの左右方向がなす角度40を 45° に、上側偏光板の透過軸方向と対向基板のラビング方向がなす角度41を 90° に、液晶のツイスト角42を右 90° に、下

側偏光板の透過軸方向と素子基板のラビング方向がなす角度 θ_3 を 90° に設定した。このように配置すると、液晶層中心の分子が電圧印加時に観察者側（即ち図の下側）から立ち上がり、TN液晶の視角特性とも相まって、高コントラストで影の見えにくい表示が可能になる。また偏光板の透過軸が隣接基板のラビング方向と直交する配置は、平行配置に比べて視角方向による色変化が少なく、より好ましい。

【0068】

また液晶材料の複屈折率 Δn を0.189、セルギャップを $7.1\mu\text{m}$ にすることで、液晶セルの $\Delta n \times d$ を $1.34\mu\text{m}$ に設定した。これは非選択電圧印加時に最も明るく色づきの少ない条件であって、 $\Delta n \times d < 1.30\mu\text{m}$ では表示色が青っぽくなり、 $\Delta n \times d > 1.40\mu\text{m}$ では表示が暗くなるという問題があり好ましくない。

【0069】

（実施例12）

図15は本発明の請求項15ならびに請求項17記載の発明に係る反射型カラー液晶装置の要部を示す図である。まず構成を説明する。1は上側偏光板、14は位相差フィルム、17は上側基板、3は液晶、18は下側基板、5は下側偏光板、6は拡散反射板であり、上側基板17上にはカラーフィルタ7と、走査電極8を設け、下側基板18上には信号電極15を設けた。位相差フィルム14はポリカーボネートの一軸延伸フィルムで、正の位相差を示す。またカラーフィルタは、実施例4の図3と同様の分光特性を有している。

【0070】

図16は実施例12における反射型カラー液晶装置の各軸の関係を示す図である。30は液晶パネルの左右方向（長手方向）であり、31は上側偏光板の透過軸方向、32が上側基板のラビング方向、33が下側基板のラビング方向、34が下側偏光板の透過軸方向、35が位相差フィルムの延伸方向である。ここで上側基板のラビング方向と液晶パネルの左右方向がなす角度 θ_4 を 30° に、上側偏光板の透過軸方向と位相差フィルムの延伸方向がなす角度 θ_4 を 54° に、位相差フィルムの延伸方向と上側基板のラビング方向がなす角度 θ_5 を 80° に、

液晶のツイスト角 42 を 240° に、下側偏光板の透過軸方向と下側基板のラビング方向がなす角度 43 を 43° に設定した。このように配置すると、液晶層中心の分子が電圧印加時に観察者側（即ち図の下側）から立ち上がり、視角特性とも相まって、高コントラストで影の見えにくい表示が可能になる。

【0071】

これは、特公平3-50249号公報で提案された位相差板補償型のSTNモードであって、単純マトリクスでデューティ比 $1/480$ までのマルチプレクス駆動ができる点に特徴がある。また実施例2と同じカラーフィルタを用いたにもかかわらず、信号線やMIM素子が不要な分だけ開口率が高く、白色表示時の反射率が33%と、非常に明るい表示が可能である。なおコントラスト比は $1:8$ と比較的低めだったが、色補償を行う位相差フィルムを1枚増やし、特開平6-348230号公報に開示されている手法に従って多ライン同時選択駆動を行うことにより、MIM素子を備えた場合と同等のコントラストで、同等の色を表示することができる。

【0072】

（実施例13）

図17は本発明の請求項16ならびに請求項17記載の発明に係る反射型カラー液晶装置の要部を示す図である。まず構成を説明する。1は上側偏光板、2は対向基板、3は液晶、4は素子基板であり、対向基板2上にはカラーフィルタ7と、対向電極（走査線）8を設け、素子基板4上には信号線9、拡散反射板を兼ねた画素電極16、MIM素子11を設けた。拡散反射板を兼ねた画素電極は、金属アルミニウムのスパッタ膜の表面に機械的、化学的手法により凹凸をつけたものを用いた。またカラーフィルタは、実施例4の図3と同様の分光特性を有している。

【0073】

図18は実施例13における反射型カラー液晶装置の各軸の関係を示す図である。30は液晶パネルの左右方向（長手方向）であり、31は上側偏光板の透過軸方向、32が上側基板のラビング方向、33が下側基板のラビング方向である。ここで上側基板のラビング方向と液晶パネルの左右方向がなす角度 40 を 62

° に、上側偏光板の透過軸方向と上側基板のラビング方向がなす角度 4 1 を 9 4 ° に、液晶のツイスト角 4 2 を右 5 6 ° に定した。このように配置すると、液晶層中心の分子が電圧印加時に観察者側（即ち図の下側）から立ち上がり、視角特性とも相まって、高コントラスト表示が可能になる。

【 0 0 7 4 】

これは、特開平 3 - 2 2 3 7 1 5 号公報で提案された 1 枚偏光板型のネマチック液晶モードであって、下側偏光板を用いずに高コントラストの白黒表示ができるため、液晶と接する位置に拡散反射板を設けることができる点に特徴がある。

【 0 0 7 5 】

この反射型カラー液晶装置は、白色表示時の反射率が 3 0 %、コントラスト比が 1 : 1 0、白と赤とシアンと黒の 4 色表示が可能で、赤表示色は $x = 0.38$ 、 $y = 0.31$ 、シアン表示色は $x = 0.28$ 、 $y = 0.32$ であった。その表示には全く影が生じず、視角依存性も極めて少ない。また赤フィルタを通して入射した光は必ず赤フィルタを通して出射するため、色の濁りが生じず、明るく色純度の高い表示ができた。

【 0 0 7 6 】

(実施例 1 4)

以上の実施例 1 から 1 3 における反射型カラー液晶装置で表示を行う際には、従来の透過型カラー液晶装置では存在しなかった問題が生じる。それは単独のドットでは十分に発色せず、色を表示するためにはある程度広い領域にわたって同一色を表示する必要があるということである。これはカラーフィルタの色が淡いことや、液晶層と反射板との間に距離があって（実施例 1 3 を除く）隣のドットの色が混じりやすいことなどが原因である。

【 0 0 7 7 】

従って白地に赤い文字を表示するような使い方よりは、白地に黒色の文字を表示してその背景の一部をを赤にするような使い方、即ちマーカーのような使い方が適している。しかしながら単独の画素で十分に発色しないということは、逆に言えばカラー液晶装置でありながら容易に白黒表示ができるということである。

【0078】

実施例14は請求項18記載の発明に係る反射型カラー液晶装置であり、1ドットで1画素を構成することを特徴とする。画素とは表示に必要な機能を実現できる最小単位のことであり、通常カラー液晶装置では、1画素は赤緑青各1ドット計3ドットで構成される。従って480×640画素のVGAの表示を行うためには、480×640×3ドットが必要であった。シアンと赤の2色カラーフィルタを用いる場合には、480×640×2ドットが必要であった。しかしながら実施例14は、カラー液晶装置でありながら480×640画素でVGA表示を行うことができる。

【0079】

実施例14の構成は、例えば実施例4等と同様である。ただ表示を行う場合に次のような工夫をする。図19に一例を示したので、この図に沿って説明する。ここには16×48画素が図示されている。(a)はカラーフィルタの配列を示す図であり、赤(「R」で示した)とシアン(「C」で示した)がモザイク状に並んでいる。また(b)と(c)はオンドットとオフドットの分布を示す図である。オンドットは暗表示であるためハッチングで示した。(b)の表示は、カラーフィルタ配列を無視して「LCD」という形にオンさせたものであるが、先に述べたようにこの反射型カラー液晶装置は単独のドットでは十分に発色しないため、白地に黒く「LCD」と表示されて見える。従ってVGAの解像度で白黒表示が可能である。一方(c)の表示は、(b)の背景のシアン色ドットだけをオンのもので、赤字に黒く「LCD」と表示されて見える。このように10ドットあるいはそれよりも広い面積にわたって同一色を表示すると、色を表示することが可能になる。

【0080】

このようなマーカーとしての使い方以外にも、例えば地図情報を表示する場合に、特定の路線だけを着色することも、道路幅が数ドットあれば可能になる。またパソコン画面のアイコン等もある程度の面積があるため、カラー表示することが可能である。

【 0 0 8 1 】

【発明の効果】

以上述べたように、本発明によれば、偏光板を用いる液晶表示モードと明るく淡い色調のカラーフィルタと組み合わせることによって、明るくコントラスト比が高い反射型カラー液晶装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施例 1 ～ 3 における反射型カラー液晶装置の構造の要部を示す図である。

【図 2】

本発明の実施例 1 における反射型カラー液晶装置のカラーフィルタの分光特性を示す図である。

【図 3】

本発明の実施例 2、実施例 4、実施例 5、および実施例 10 ～ 14 における反射型カラー液晶装置のカラーフィルタの分光特性を示す図である。

【図 4】

本発明の実施例 3 における反射型カラー液晶装置のカラーフィルタの分光特性を示す図である。

【図 5】

本発明の実施例 4、実施例 5、実施例 11 および実施例 14 における反射型カラー液晶装置の構造の要部を示す図である。

【図 6】

本発明の実施例 5 における反射型カラー液晶装置のカラーフィルタ配置の詳細を示す図である。

【図 7】

本発明の実施例 6 における反射型カラー液晶装置のカラーフィルタの分光特性を示す図である。

【図 8】

本発明の実施例 7 における反射型カラー液晶装置の構造の要部を示す図である

【図 9】

本発明の実施例 7 における反射型カラー液晶装置のカラーフィルタの分光特性を示す図である。

【図 10】

本発明の実施例 8 における反射型カラー液晶装置の構造の要部を示す図である。

【図 11】

本発明の実施例 9 における反射型カラー液晶装置の拡散反射板の反射特性を説明する図である。

【図 12】

本発明の実施例 9 における反射型カラー液晶装置の拡散反射板の反射特性を示す図である。

【図 13】

本発明の実施例 10 における反射型カラー液晶装置の構造の要部を示す図である。

【図 14】

本発明の実施例 11 における反射型カラー液晶装置の各軸の関係を示す図である。

【図 15】

本発明の実施例 12 における反射型カラー液晶装置の構造の要部を示す図である。

【図 16】

本発明の実施例 12 における反射型カラー液晶装置の各軸の関係を示す図である。

【図 17】

本発明の実施例 13 における反射型カラー液晶装置の構造の要部を示す図である。

【図 1 8】

本発明の実施例 1 3 における反射型カラー液晶装置の各軸の関係を示す図である。

【図 1 9】

本発明の実施例 1 4 における反射型カラー液晶装置の表示の一例を示す図である。

【図 2 0】

従来の透過型カラー液晶装置のカラーフィルタの分光特性を示す図である。

【図 2 1】

内田龍男氏らの論文 (IEEE Transactions on Electron Devices, Vol.ED-33, No.8, pp.1207-1211(1986)) の F i g . 8 で提案されていたカラーフィルタの分光特性を示す図である。

【図 2 2】

三ツ井精一氏らの論文 (SID 92 DIGEST, pp.437-440(1992)) の F i g . 2 で提案されていたカラーフィルタの分光特性を示す図である。

【図 2 3】

特開平 5 - 2 4 1 1 4 3 号公報の図 2 (a) 、 (b) 、 (c) で提案されていたカラーフィルタの分光特性を示す図である。

【符号の説明】

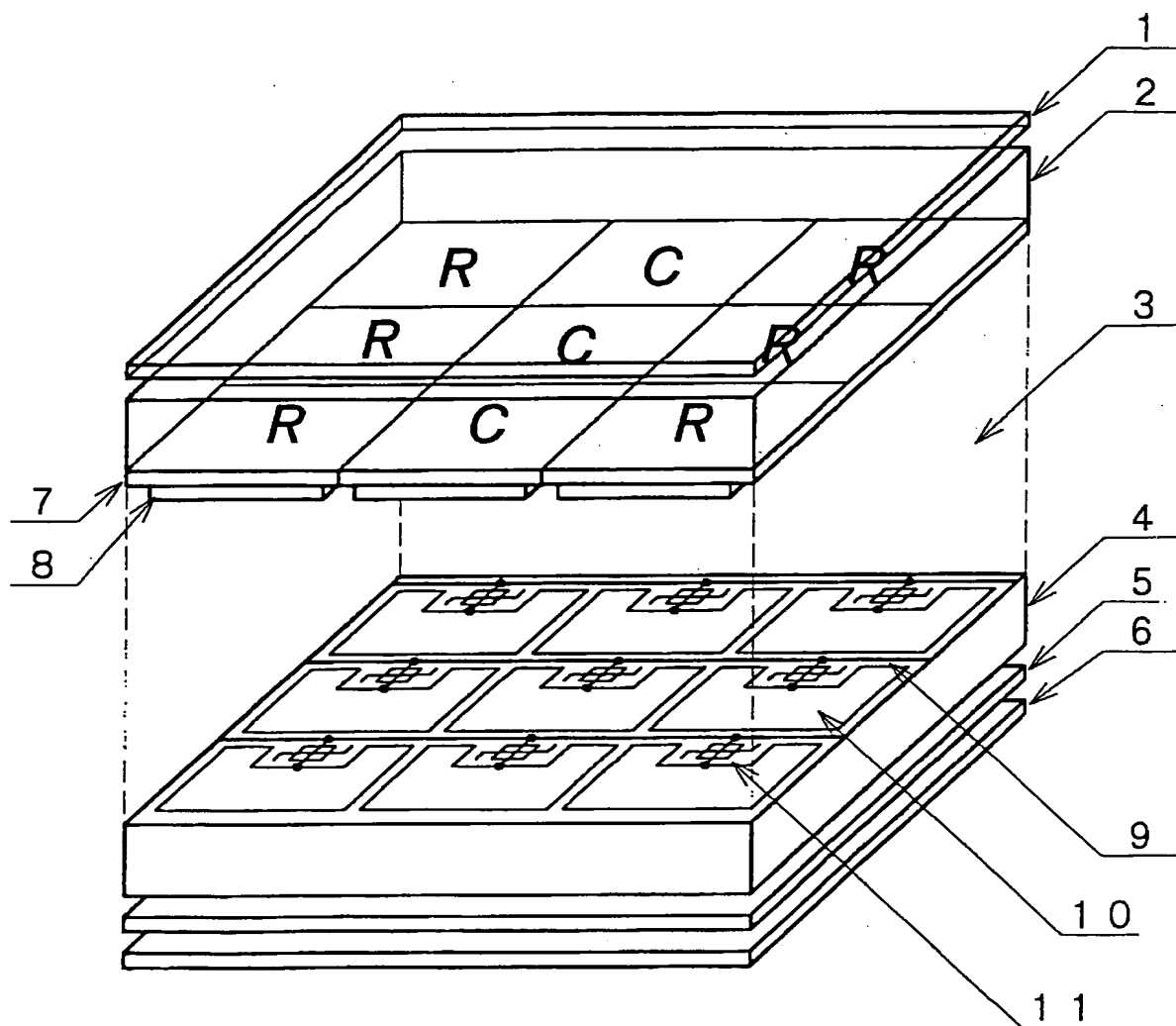
- 1 上側偏光板
- 2 対向基板
- 3 液晶
- 4 素子基板
- 5 下側偏光板
- 6 拡散反射板
- 7 カラーフィルタ
- 8 対向電極 (走査線、走査電極)
- 9 信号線
- 1 0 画素電極

- 1 1 M I M 素子
- 1 2 半透過反射板
- 1 3 バックライト
- 1 4 位相差フィルム
- 1 5 信号電極
- 1 6 拡散反射板を兼ねた画素電極
- 1 7 上側基板
- 1 8 下側基板
- 2 1 赤フィルタのスペクトル
- 2 2 緑フィルタのスペクトル
- 2 3 青フィルタのスペクトル
- 2 4 イエローフィルタのスペクトル
- 2 5 シアンフィルタのスペクトル
- 2 6 マゼンタフィルタのスペクトル
- 3 0 液晶パネルの左右方向 (長手方向)
- 3 1 上側偏光板の透過軸方向
- 3 2 上側基板 (あるいは対向基板) のラビング方向
- 3 3 下側基板 (あるいは素子基板) のラビング方向
- 3 4 下側偏光板の透過軸方向
- 3 5 位相差フィルムの延伸方向
- 4 0 3 0 と 3 2 がなす角度
- 4 1 3 1 と 3 2 がなす角度
- 4 2 液晶のツイスト角
- 4 3 3 3 と 3 4 がなす角度
- 4 4 3 1 と 3 5 がなす角度
- 4 5 3 2 と 3 5 がなす角度
- 5 1 入射光
- 5 2 反射光
- 5 3 正反射を中心とした 3 0 度コーン

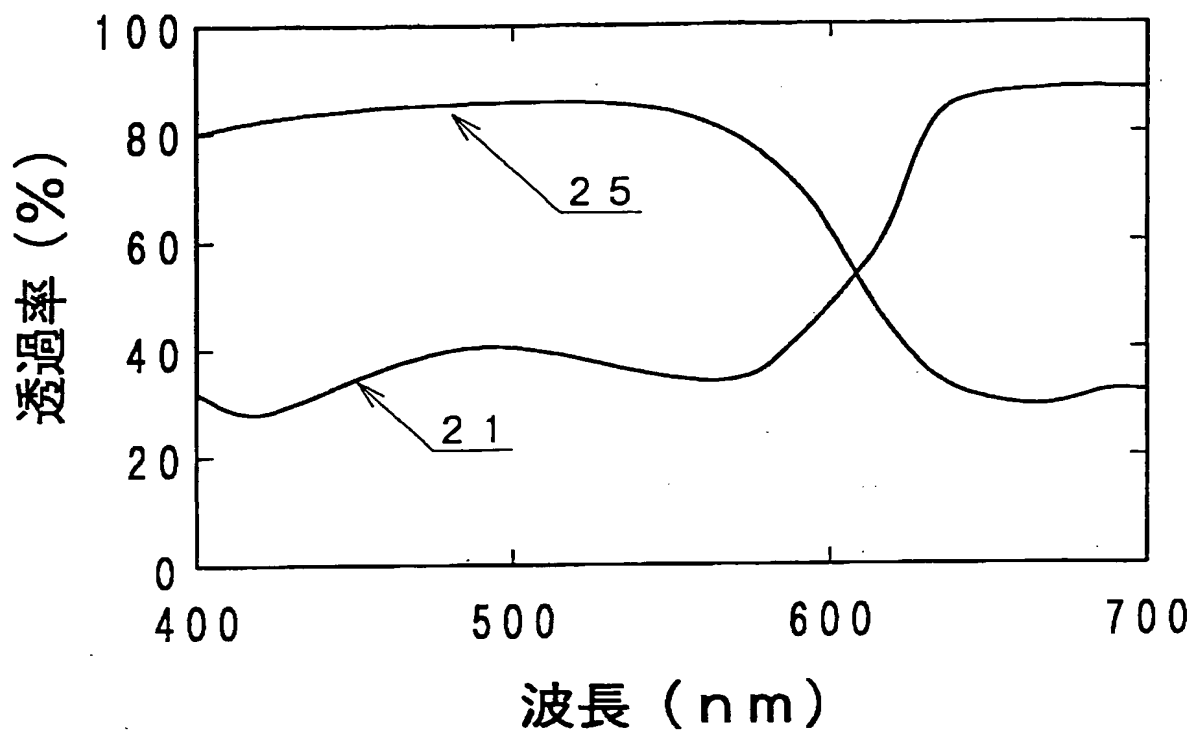
- 6 1 対向電極と画素電極が重なる領域
- 6 2 シアンフィルタ
- 6 3 赤フィルタ

【書類名】 図面

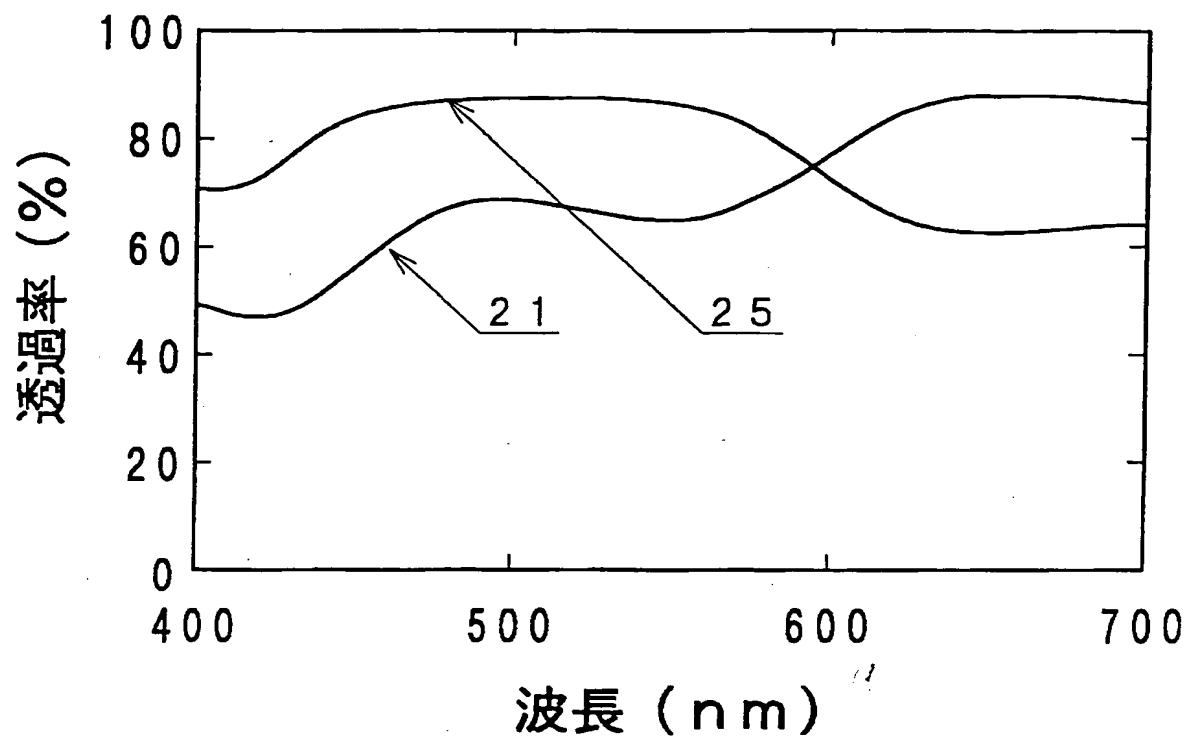
【図 1】



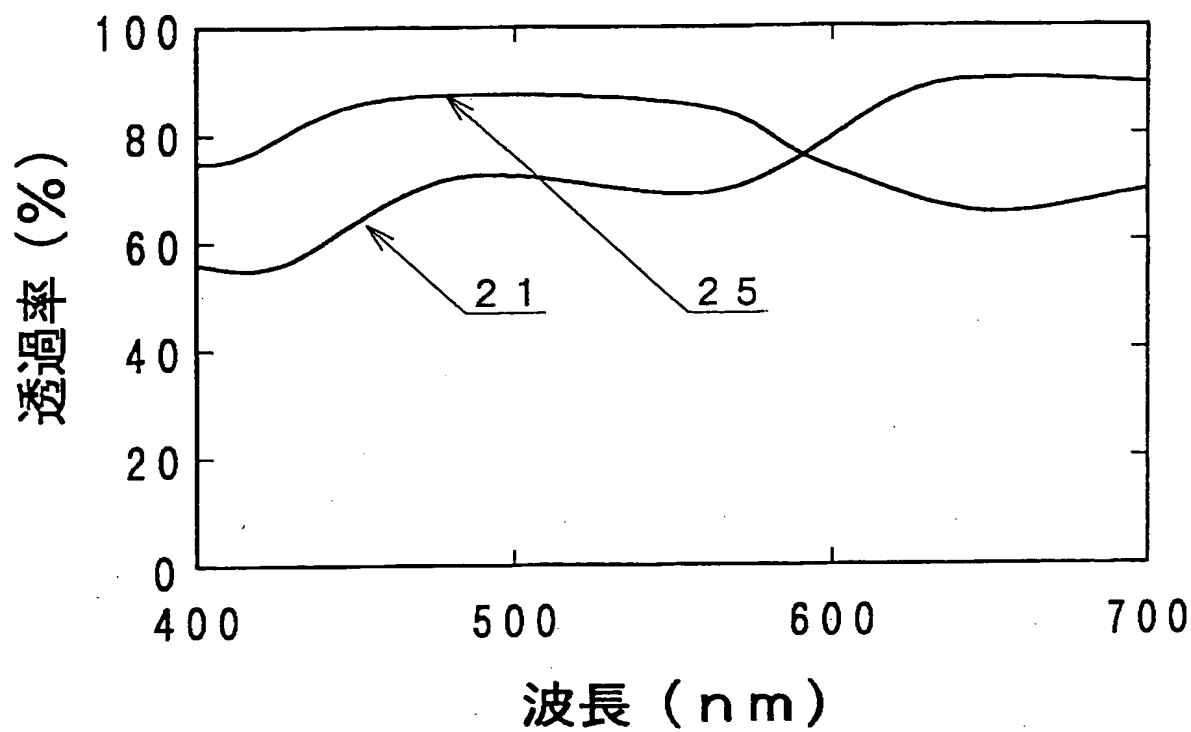
【図 2】



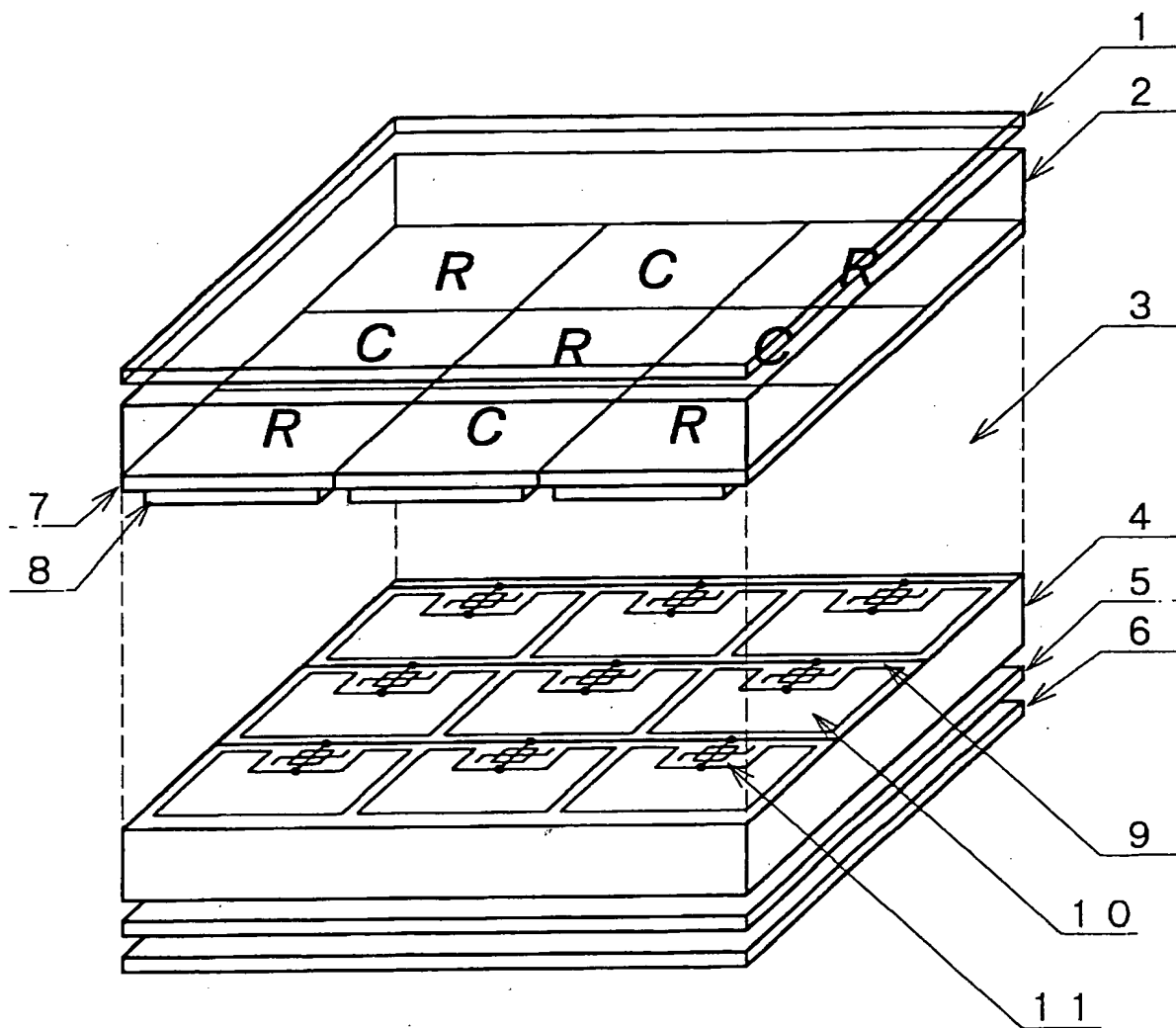
【図 3】



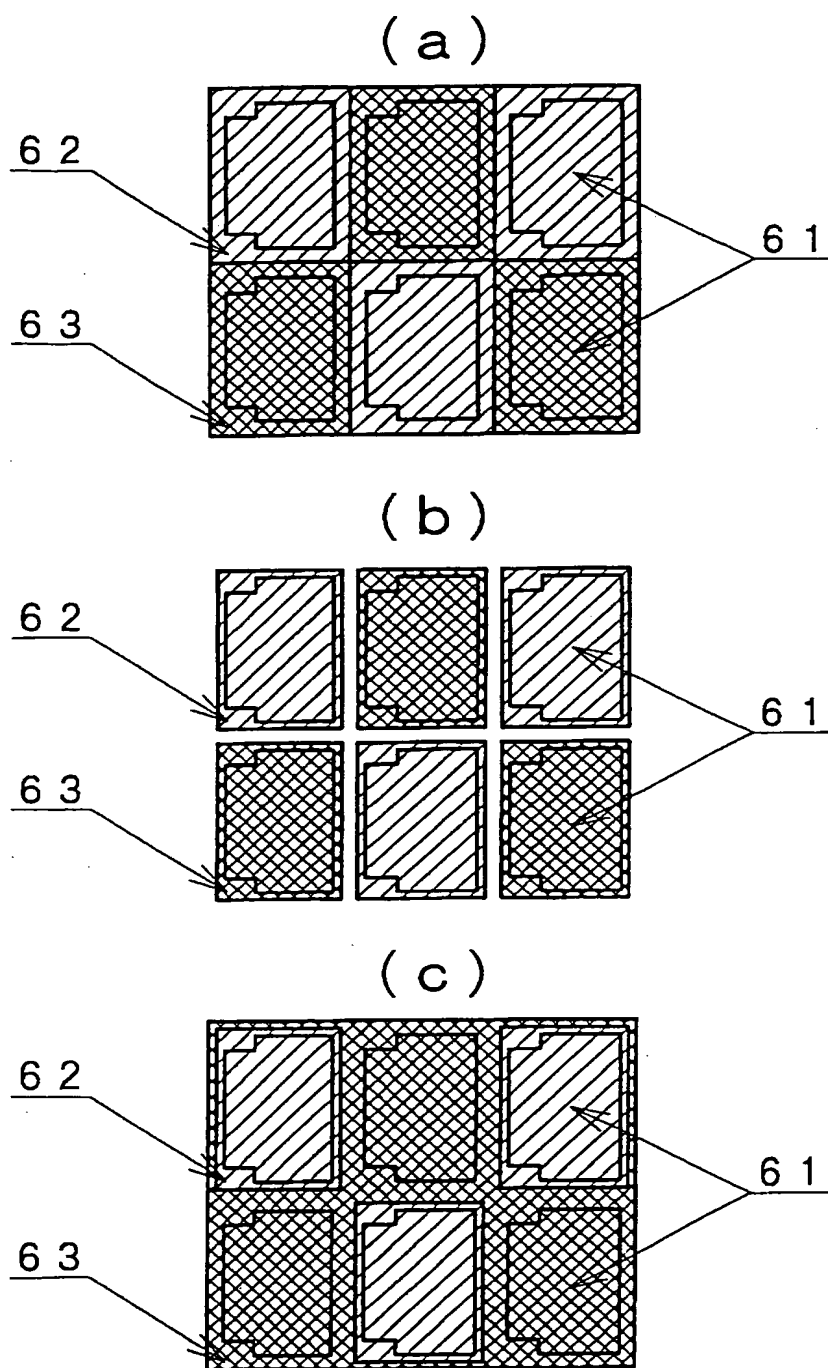
【図 4】



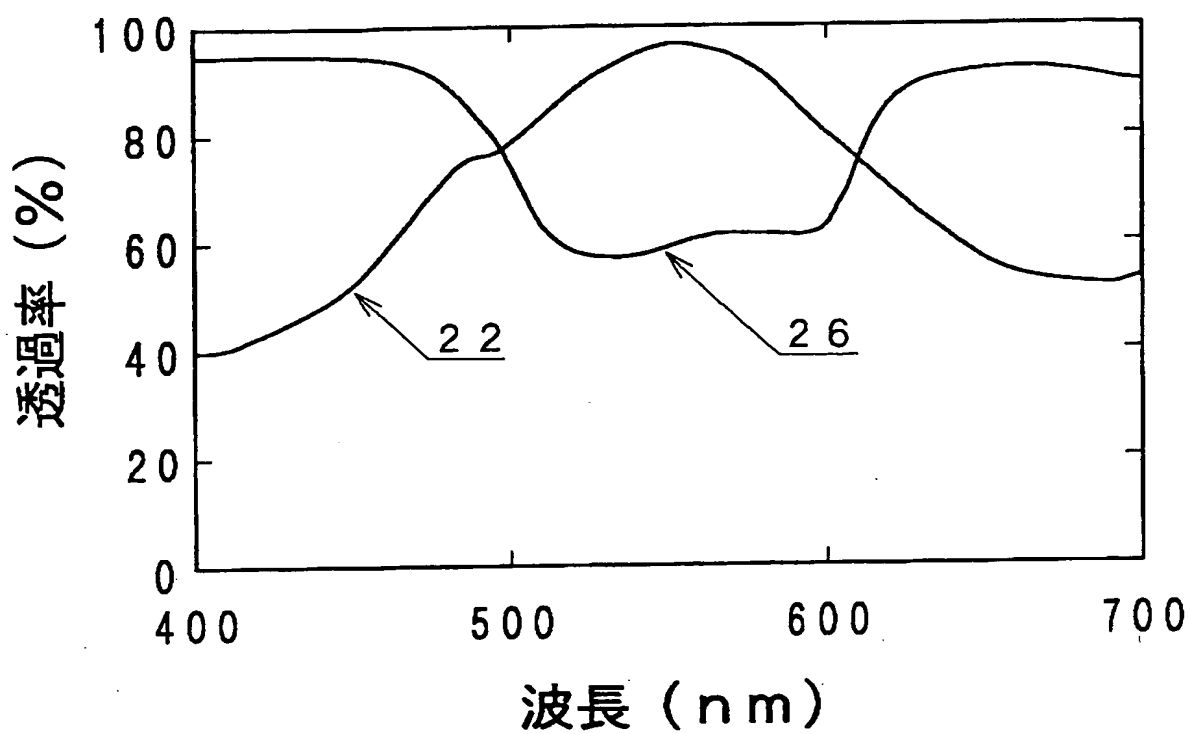
【図 5】



【図 6】

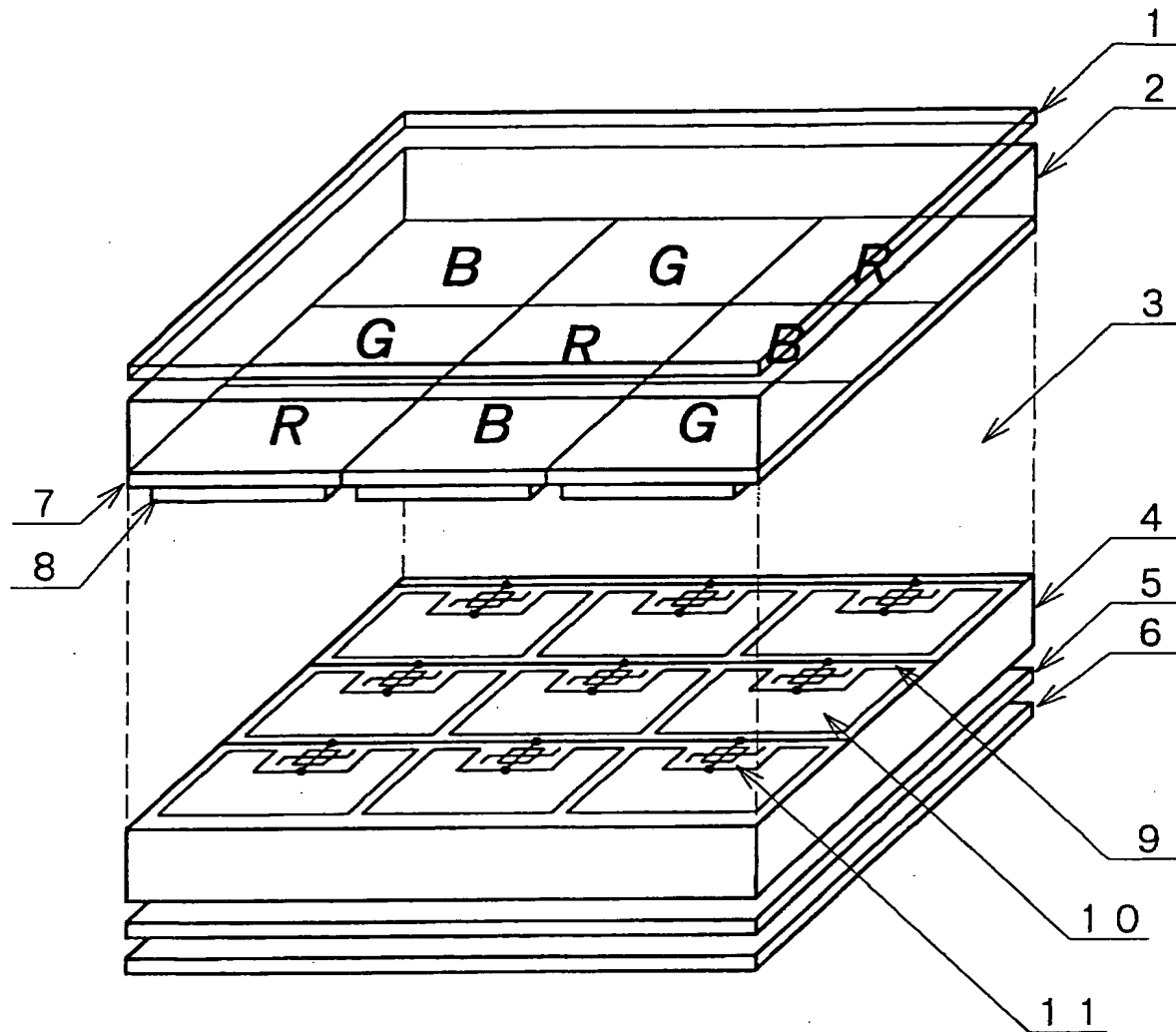


【図 7】

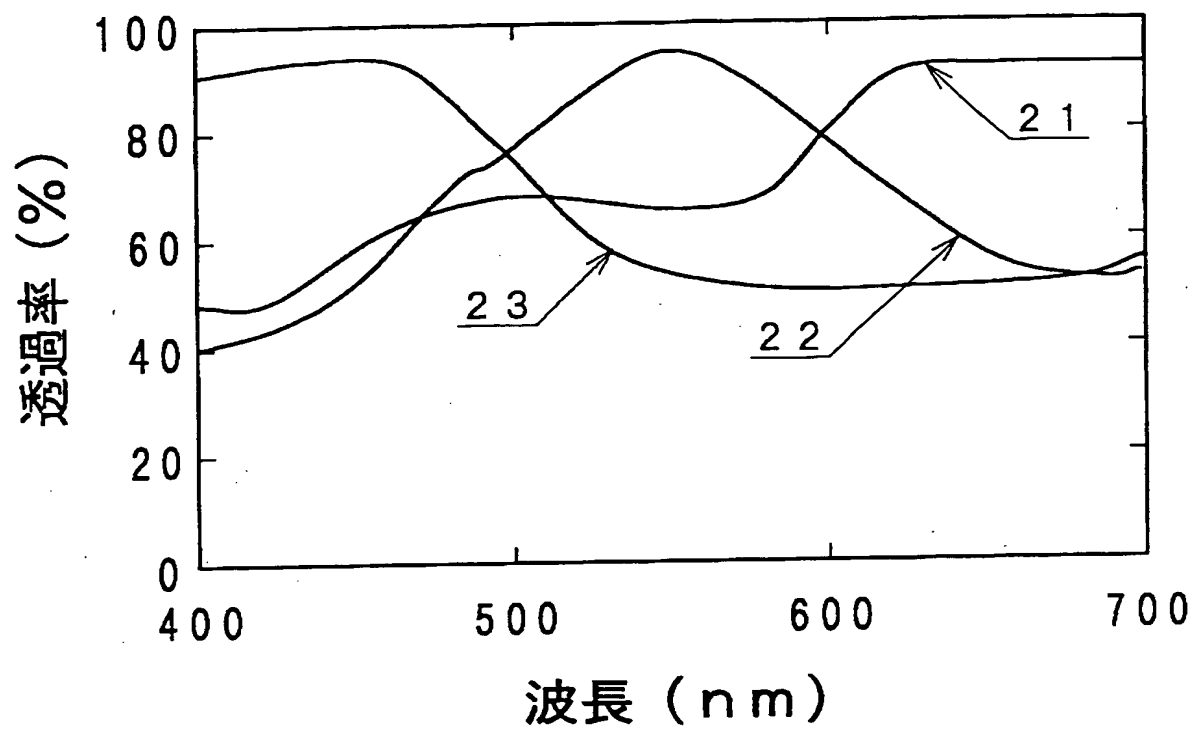


2

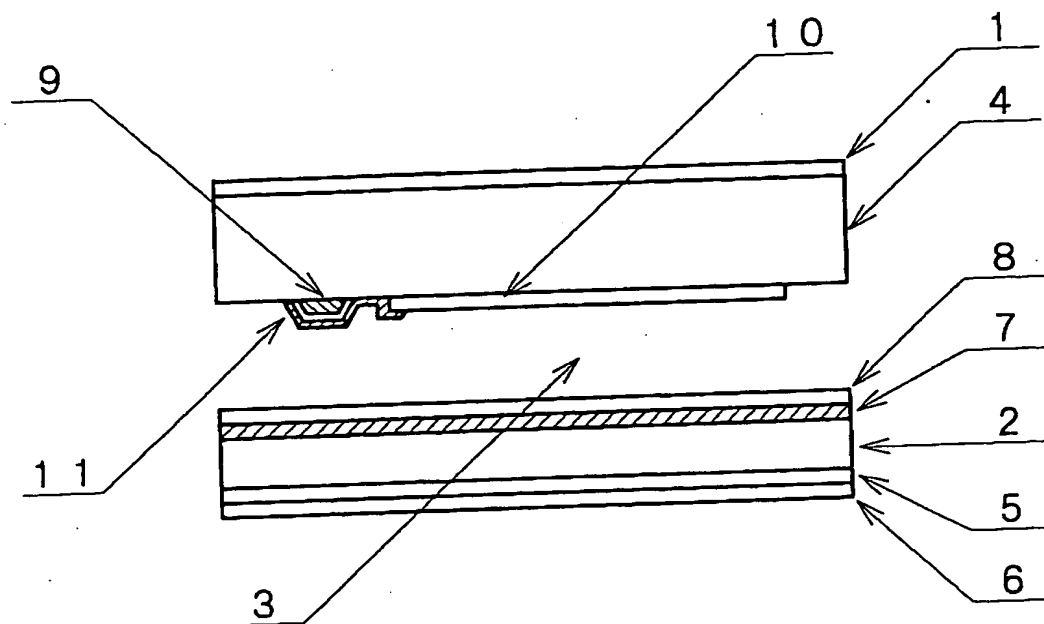
【図 8】



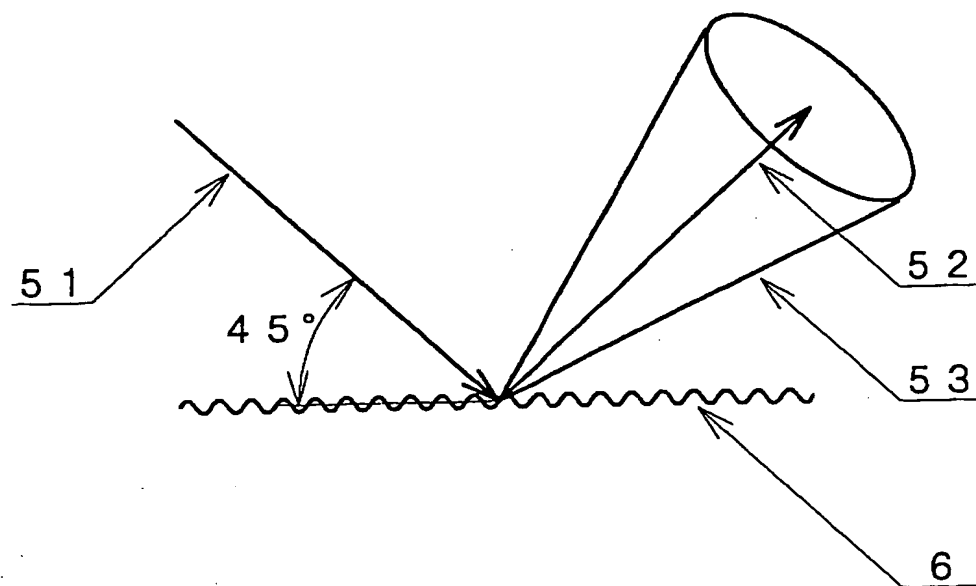
【図 9】



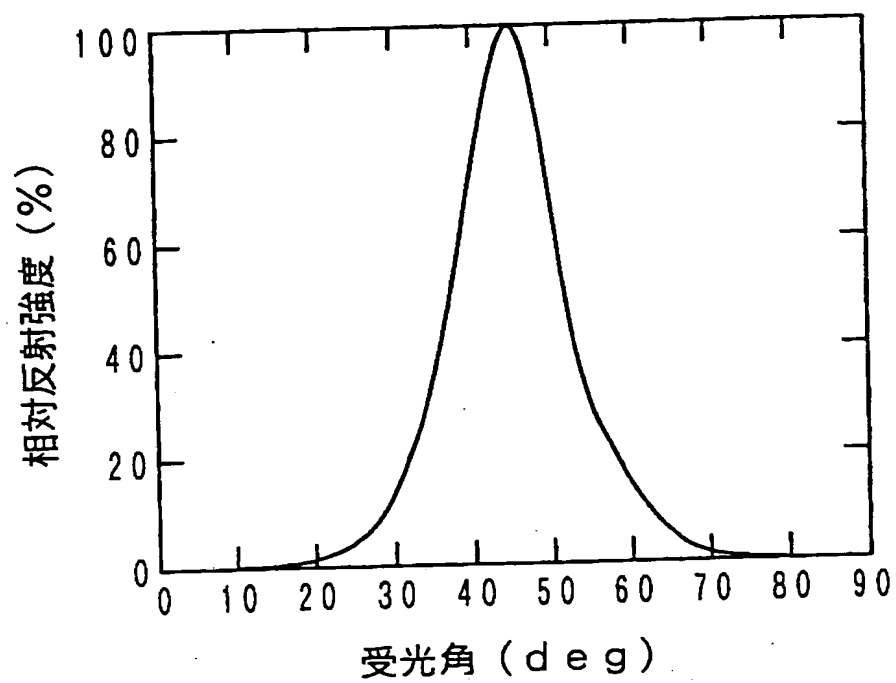
【図 1 0】



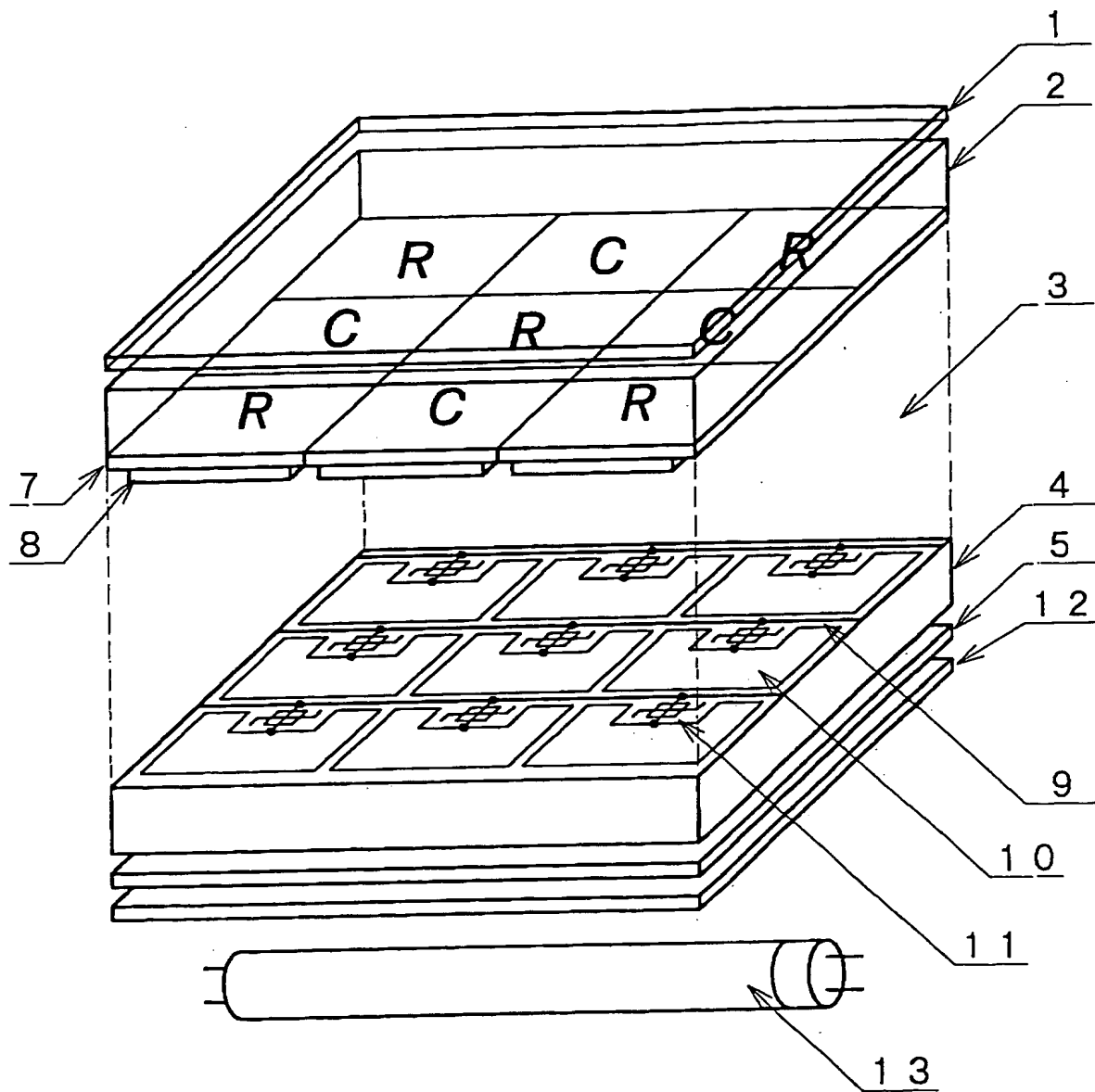
【図 1 1】



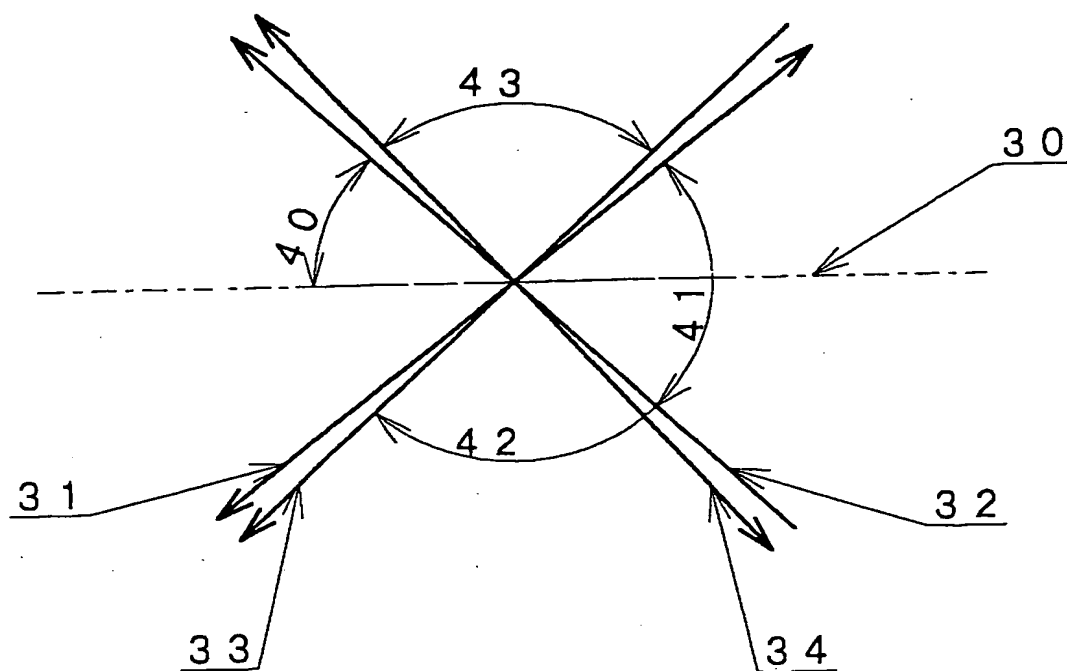
【図 1 2】



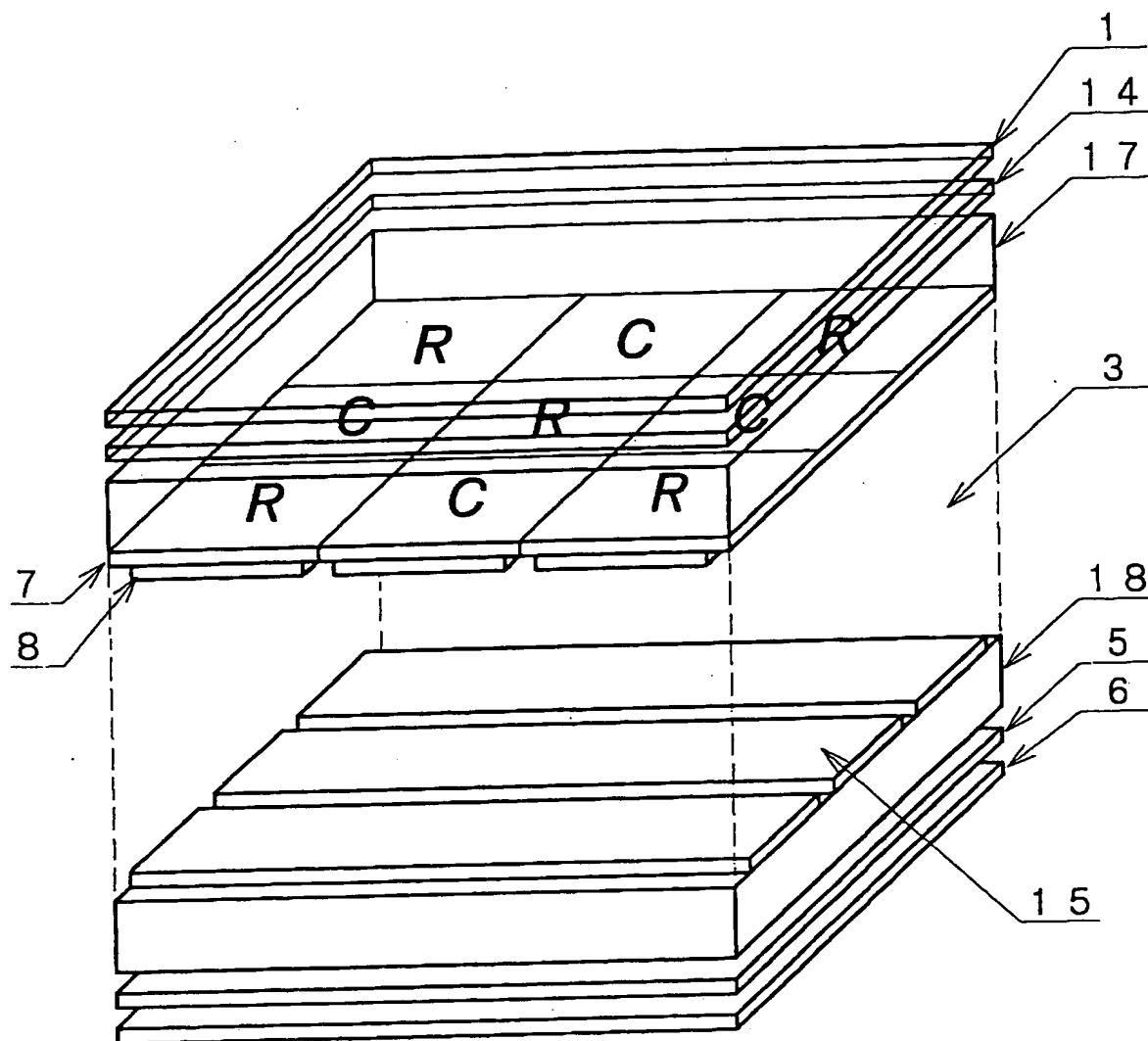
【図 1 3】



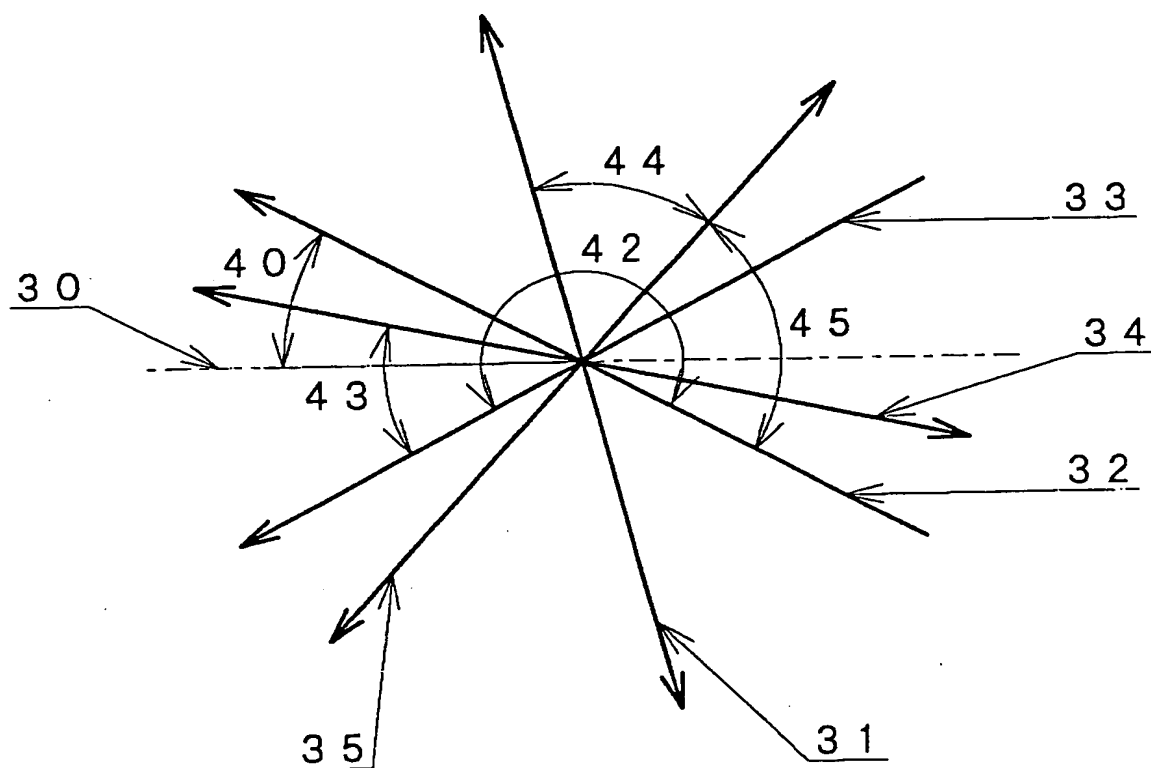
【図 1 4】



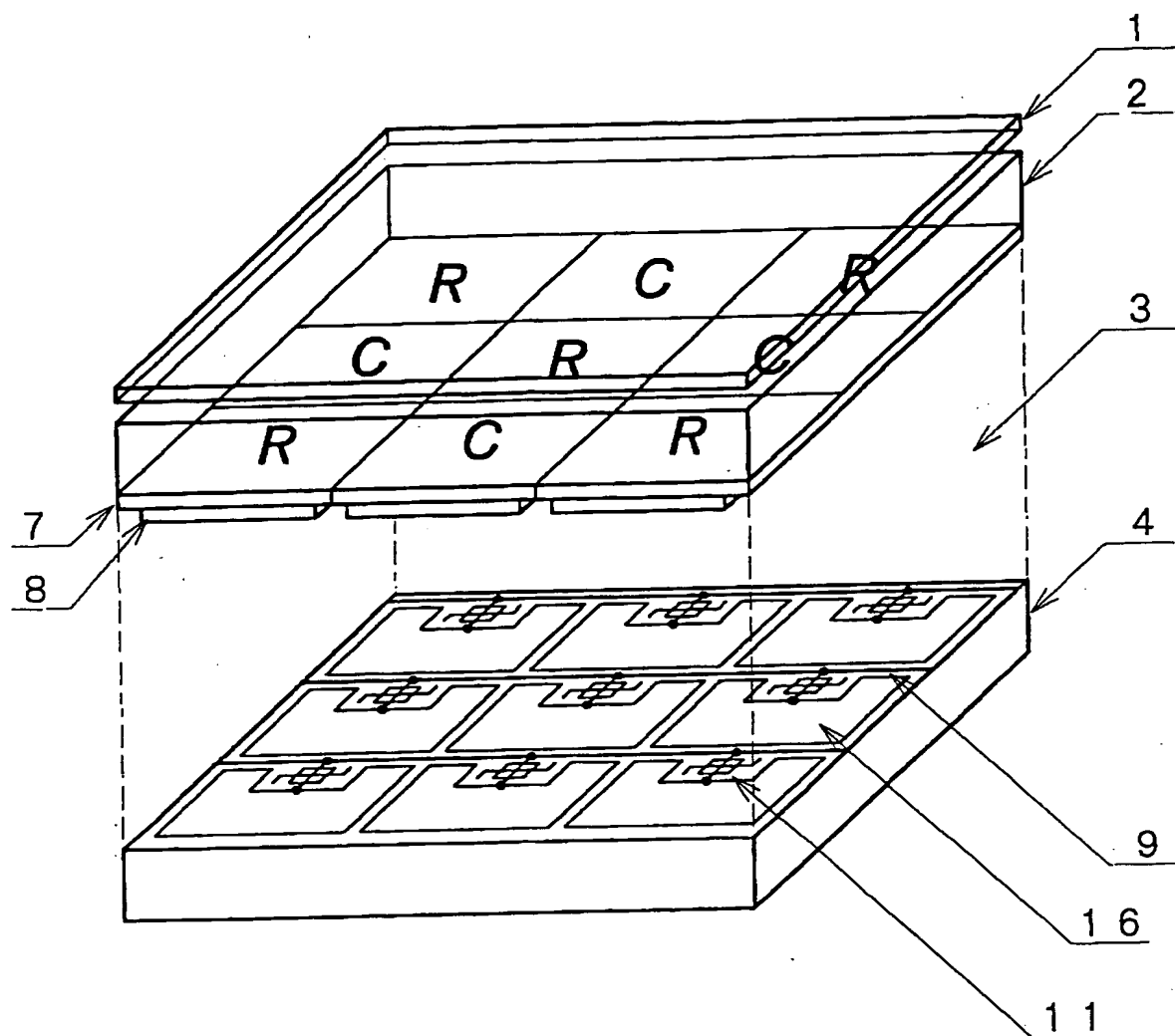
【図 1 5】



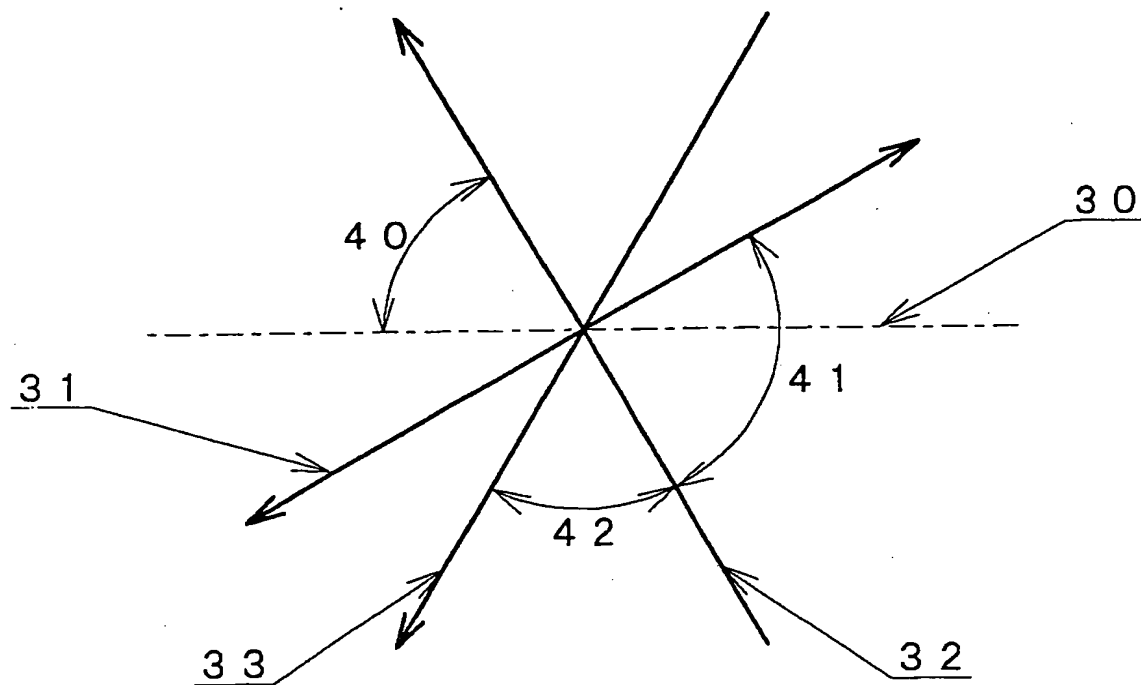
【図 1 6】



【図 1 7】

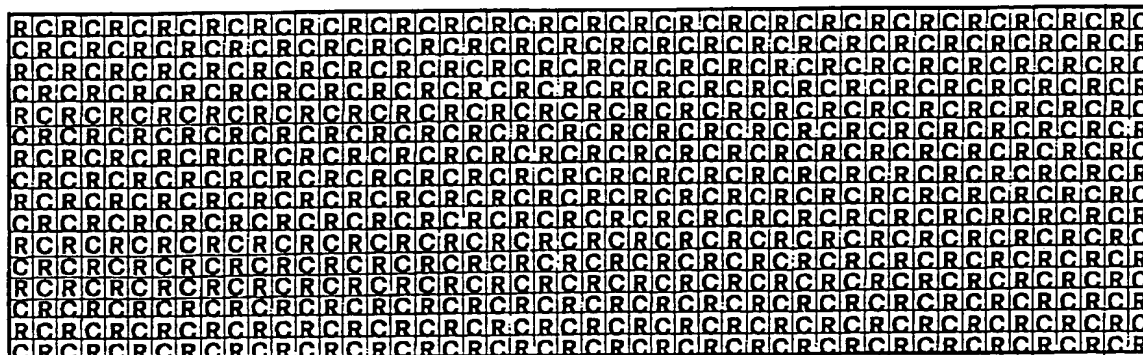


【図 1 8】

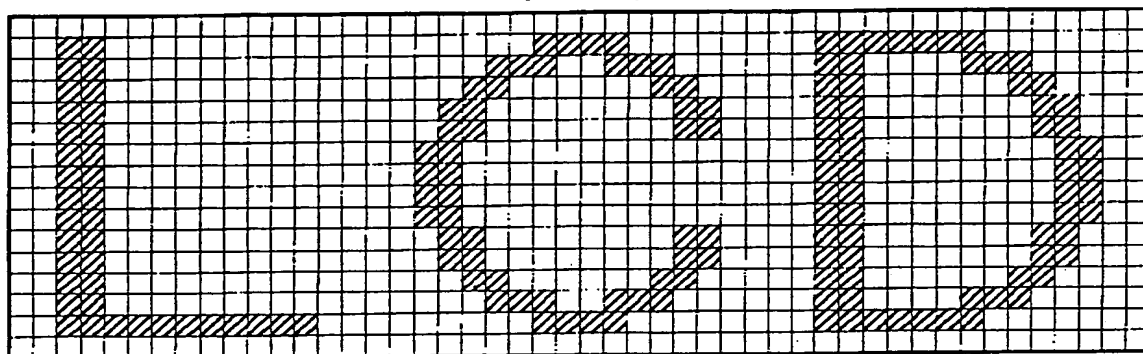


【図 1 9】

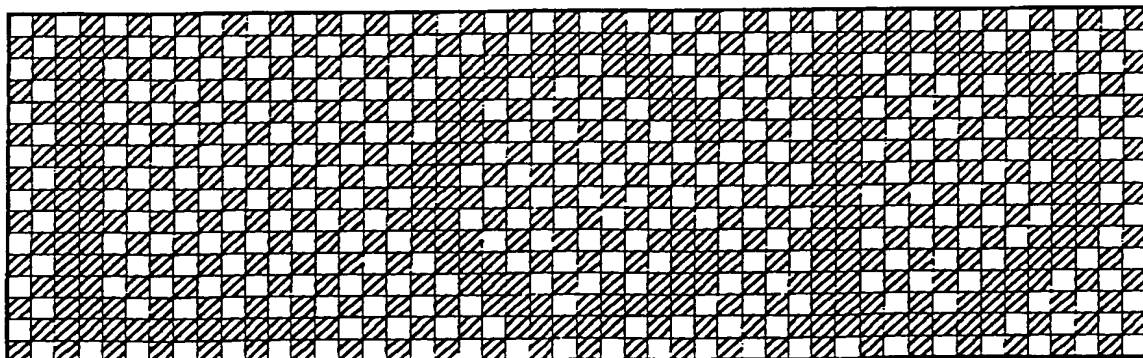
(a)



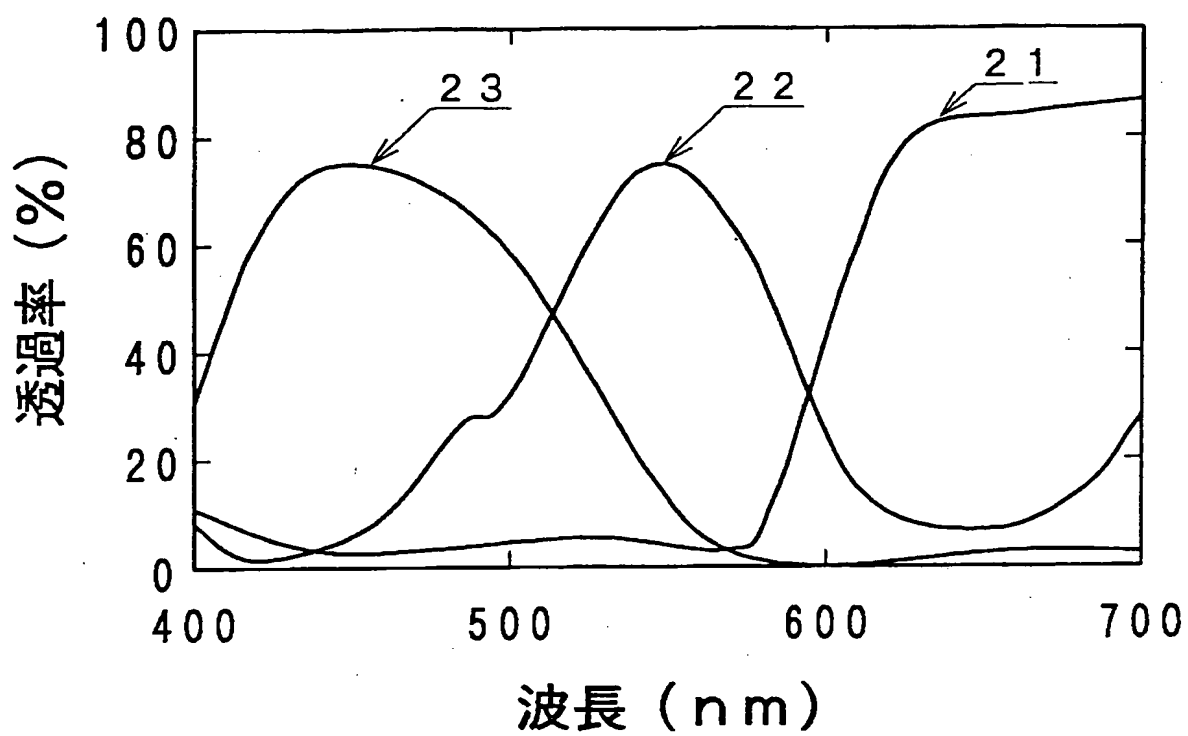
(b)



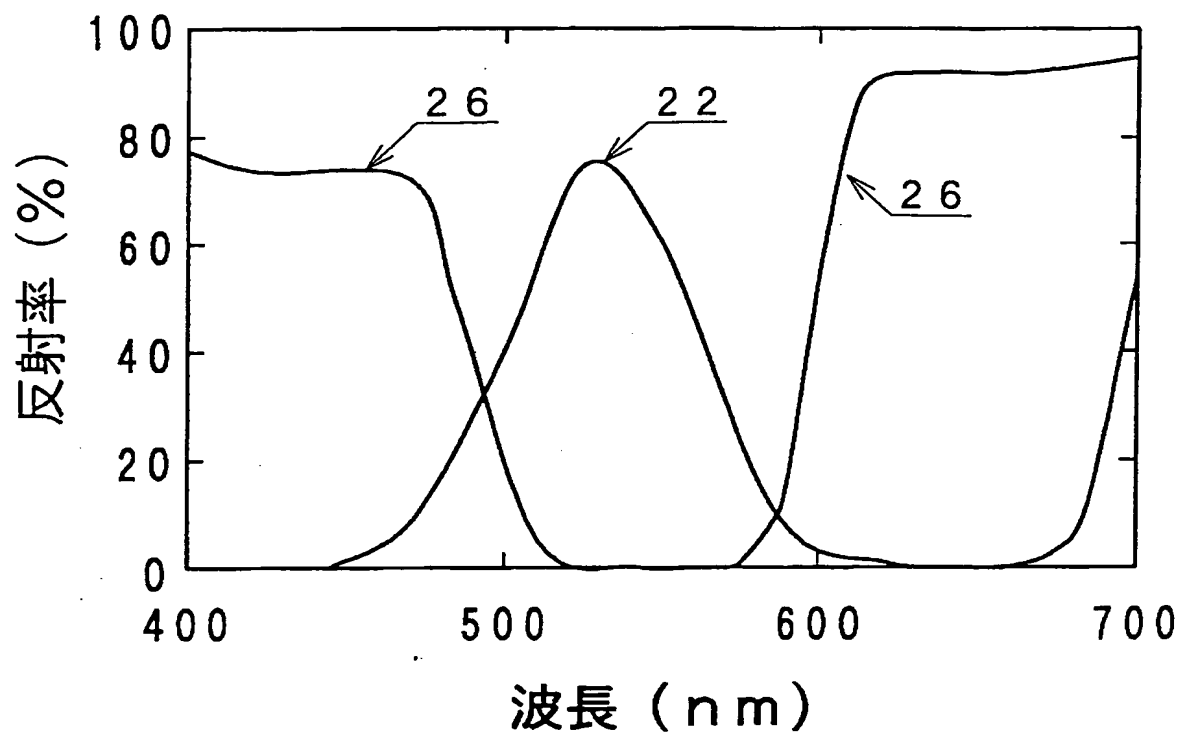
(c)



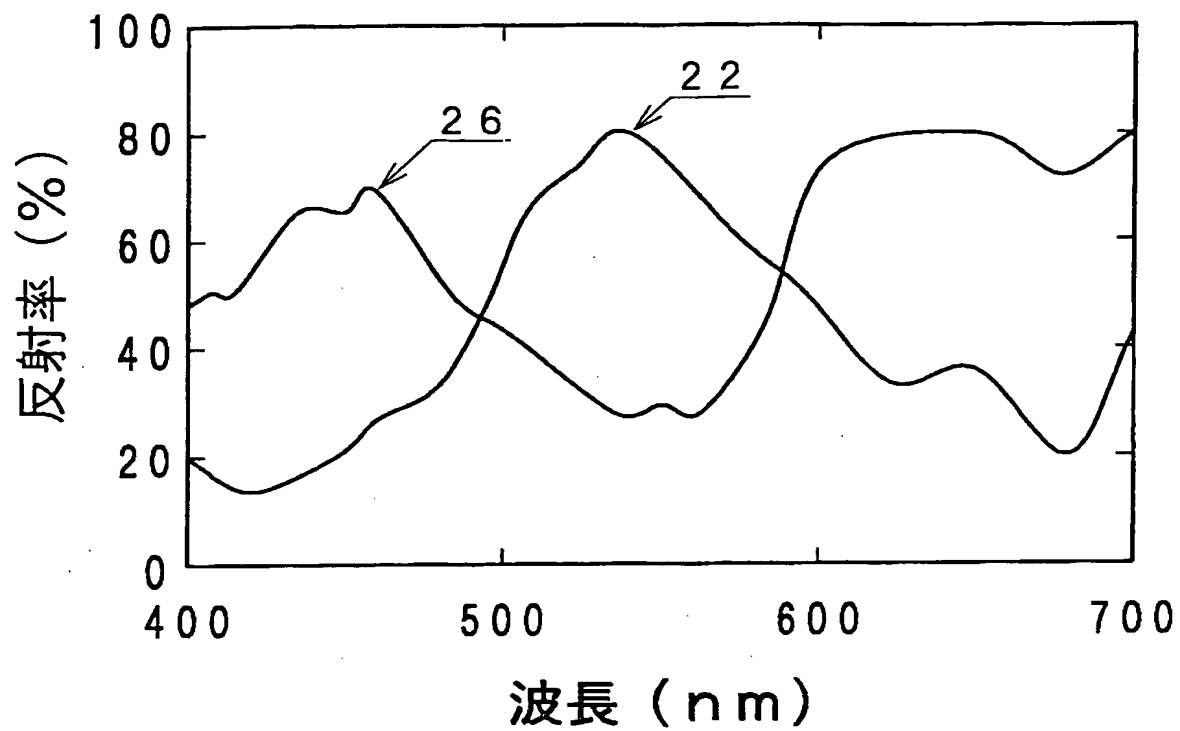
【図 2 0】



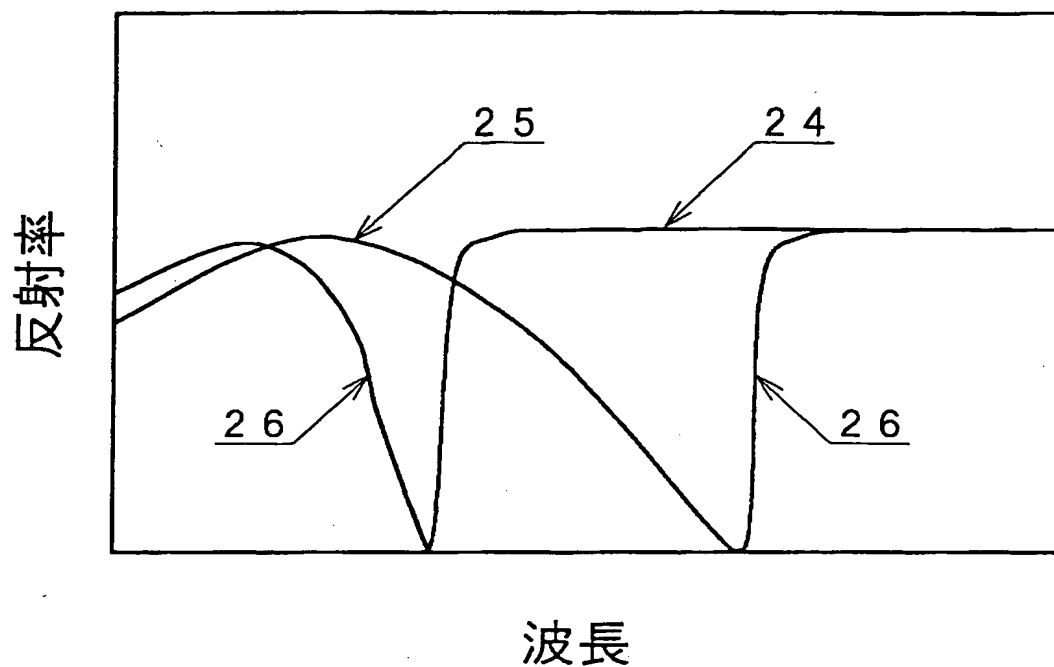
【図 2 1】



【図 2 2】



【図 2 3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 明るく、コントラストが高い反射型カラー液晶装置を提供する。

【課題を解決する手段】 T Nモードの液晶をM I M素子やT F T素子を用いて駆動するカラー液晶パネルにおいて、そのカラーフィルタを通常の透過型パネルに用いられるものよりも、明るく淡い色調のものにする。カラーフィルタのいずれも、4 5 0 n mから6 6 0 n mの範囲の全ての波長の光に対し3 0 %以上の透過率を有するカラーフィルタとする。

【選択図】 図 9